

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年10 月13 日 (13.10.2005)

PCT

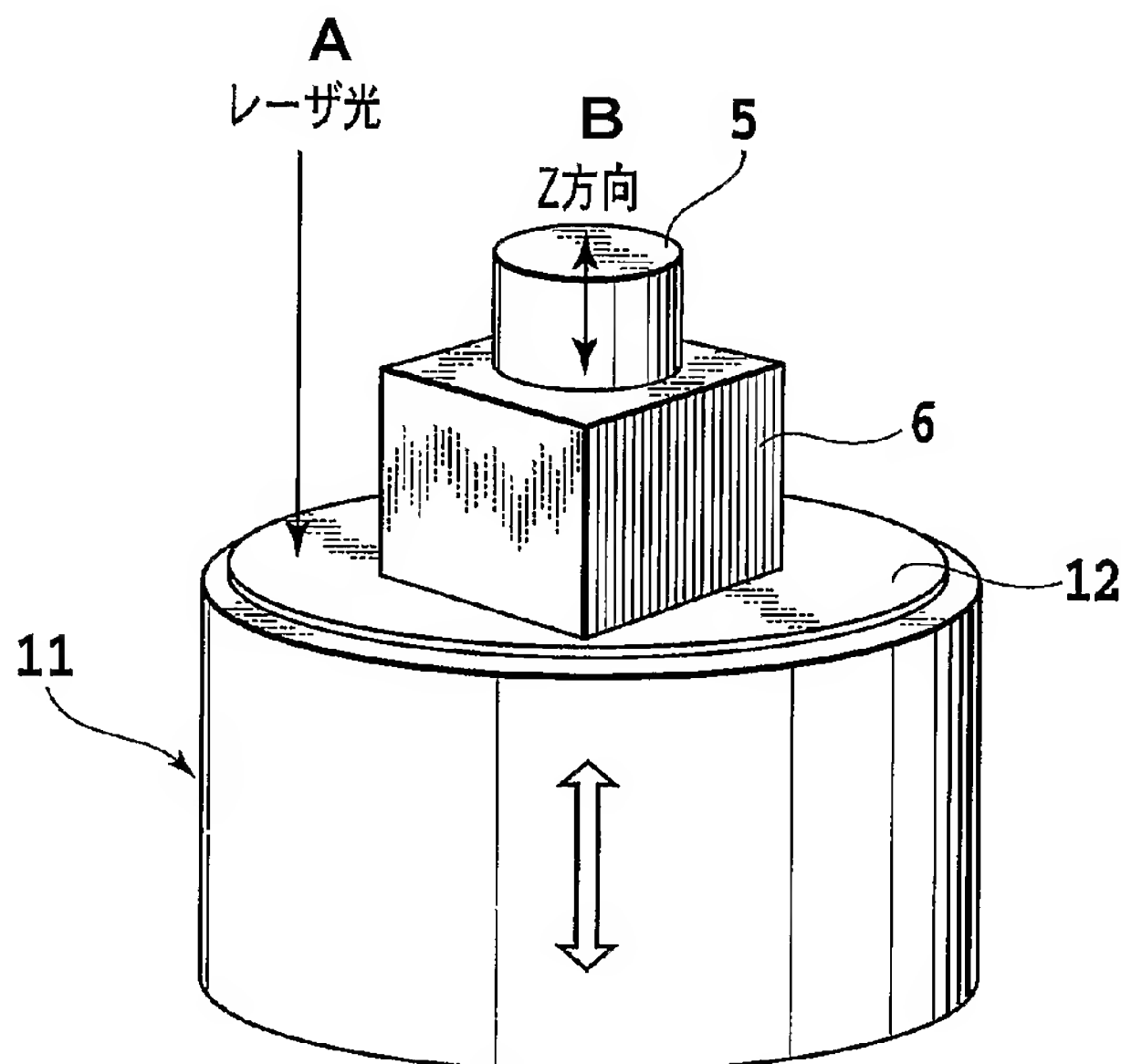
(10) 国際公開番号
WO 2005/095998 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01P 21/00, 15/00 TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1008921 東京都千代田区霞ヶ関一丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/006840 (72) 発明者; および
- (22) 国際出願日: 2005 年3 月31 日 (31.03.2005) (75) 発明者/出願人(米国についてののみ): 梅田 章 (UMEDA, Akira) [JP/JP]; 〒3058563 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第3 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (JP).
- (30) 優先権データ:
特願2004-102736 2004 年3 月31 日 (31.03.2004) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MEASURING LATERAL SENSITIVITY OF SENSOR FOR DETECTING ACCELERATION, AND ACCELERATION MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法および加速度計測方法



A...LASER BEAM
B...DIRECTION Z

(57) Abstract: Lateral sensitivity in a sensitivity matrix of an acceleration sensor is obtained by a single-axis vibration table. A cubic block (6) on which an acceleration sensor (5) is installed such that the direction of X-axis, defined on a table (12) on the upper part of a single-axis vibration table (11) relative to the acceleration sensor (5), coincides with the direction of vibration of the table (12) of the vibration table is fixed, and the table (12) is vibrated in this state to measure acceleration. In the same way as the measurement of main-axis sensitivity, lateral sensitivity S_{zx} relative to X-axis is obtained based on the measurement result from the acceleration sensor (5) and on the measurement result of a measuring device independently measuring the motion of a surface of the table (12). The cubic block on which the acceleration sensor (5) is installed such that the direction of Y-axis, similarly defined on the on the table (12) relative to the acceleration sensor (5), coincides with the direction of vibration of the table (12) is fixed, and lateral sensitivity S_{zy} relative to Y-axis is obtained.

[続葉有]

WO 2005/095998 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 加速度センサの感度マトリックスのなかの横感度を一軸振動台で求める。一軸振動台 11 の上部のテーブル 12 上に加速度センサ 5 に対して定義した X 軸の方向が、振動台のテーブル 12 の振動の方向と一致するように加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロック 6 を固定し、この状態でテーブル 12 を振動させ、加速度を測定する。主軸感度の計測と同様にして、加速度センサ 5 からの測定結果と、テーブル 12 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果とに基づいて、X 軸に関する横感度 S_{zx} を求める。同様にテーブル 12 上に加速度センサ 5 に対して定義した Y 軸の方向が、テーブル 12 の振動の方向と一致するように加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロックを固定し、Y 軸に関する横感度 S_{zy} を求める。

明細書

加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法および加速度計測方法

5 技術分野

本発明は、加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法および加速度計測方法に関するものであり、本発明の属する技術の分野は、運動の計測が必要不可欠な分野、たとえば車両衝突安全、自動車サスペンション制御、ロボット、輸送機器、原子力発電関連諸機器、船舶、宇宙航空機器、
10 情報機器、人体の振動に対する応答の計測、環境振動において、加速度を計測する分野である。ここで言う加速度は、並進加速度のみならず角加速度、角速度も含んでいる。多軸のセンサの場合には、並進加速度および角加速度を同時に検出する多軸センサは単に○軸加速度センサと呼ばれるの
15 に対して、並進加速度と角速度を同時に検出する多軸センサは、○軸運動センサと呼ばれる場合がある（○は軸の数を意味する）。

背景技術

加速度を検出するセンサとしては、加速度センサおよび慣性センサなどが知られており、本発明では、ジャイロ機能、角加速度測定機能を含む半
20 導体加速度計をも対象とする。以下、特に断らない限りは、加速度を検出するセンサとして、加速度計／加速度センサという文言を用いて説明する。

図1は、現状広く行われている加速度計／加速度センサの校正方法を示している。国際規格でいうと、ISO16063-11, ISO5347 part1 に記述されている方法である。図2は、ISO5347 Part11 に記述されている横感度を計測
25 する方法である。

図 1 A に示す方法は、シングルエンドの一軸加速度センサ（加速度計）
1 を並進運動を発生する一軸振動台 2 のテーブル 2 a（このテーブル 2 a
は本体 2 b に対して図中の両方向矢印の方向に振動する）に取り付け、一
軸振動台 2 の運動の方向と一軸加速度センサ 1 の感度軸を一致させて、取
5 り付けたテーブルの運動をレーザ干渉計（不図示）で測定し、レーザ干渉
計で測定した結果と、加速度センサ 1 の出力とを比較して校正する方法で
ある。これは一次校正法として機能する。なお、シングルエンド加速度計
とは、取り付け面が一つしかない加速度計を言う。ダブルエンド加速度計
とは、取り付け面が 2 つあり、バックツーマック結合できる校正用加速度
10 計を表す。

図 1 B に示す方法は、ダブルエンドの一軸加速度センサ（加速度計） 3
を一軸振動台 2 のテーブルに取り付け、一軸振動台の運動の方向と一軸加
速度センサ 3 の感度軸を一致させて、取り付けたテーブルの運動をレーザ
干渉計で測定し、レーザ干渉計で測定した結果と、加速度センサ 3 の出力
15 とを比較して校正する方法である。これも、一次校正法として機能する。

図 1 C に示す方法は、図 1 B の方法で校正されたダブルエンドの参照加
速度センサ 3 の感度軸と校正対象の加速度センサ 1 の感度軸を一致させて
直列に結合し、振動台の運動方向の軸と一致させて運動させて、参照加
速度計 3 と校正対象の加速度計 1 の出力とを比較して校正する方法である。
20 これは、二次校正法として機能する。

図 1 D に示す方法は、図 1 A に示されている方法に対応した角加速度検
出用の加速度センサの一次校正法である。2 5 は振動角加速度を発生する
一軸振動台であり、円板状のテーブル 2 5 a は本体 2 5 b に対して図中の
両方向矢印の方向に回転振動する。角加速度検出用の加速度センサ（角加
25 速度センサ） 2 6 は、振動角加速度を発生する一軸振動台 2 5 のテーブル
2 5 a に、中心軸（この中心軸は感度軸と一致する）がテーブル 2 5 a の

中心に位置し且つテーブル 2 5 a と垂直になるように取り付ける。テーブル 2 5 a は、その側面に光学回折格子が形成されている。テーブル 2 5 a の振動角加速度を計測するためのレーザ干渉計からのレーザ光がテーブル 2 5 a の周縁の光学回折格子に水平に照射される。テーブル 2 5 a を回転
5 振動させることによって、角加速度センサ 2 6 に感度軸周りに振動角加速度を印加し、テーブル 2 5 a の光学回折格子に照射するレーザ光の反射光の変化によって検出される振動角加速度と、校正対象角加速度センサ 2 6 の出力信号とを比較することによって、一次校正が実施される。現在 ISO で作成されつつある規格に記述されている方法であり、この方法によって
10 参照角加速度センサが校正されるので、図 1 C に示す方法と同様に、参照角加速度センサと校正対象の角加速度センサを同軸にして振動角加速度を発生する一軸振動台上に設置することにより、同様の二次校正として機能させることが可能になる。現状では、振動角加速度用の参照加速度センサは存在しないことである。その理由は、規格が完成していないし、振動角
15 加速度用の参照加速度センサとして機能することが実験的に立証された製品が存在しないからである。

図 2 に示す ISO5347-11:1993 Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups - Part 11: Testing of transverse vibration sensitivity に記載の横感度の求めかたを説明する。

20 並進加速度を検出する加速度センサ 1 の感度軸に垂直な平面内で振動加速度 $A \sin \omega t$ (図中、矢印 4 で示す) を加える。求めた感度を、主軸感度で正規化して求めるのが、横感度である。ISO 規格によると、 θ (加速度センサ 1 の感度軸に垂直な平面内で加速度センサ 1 の基準位置に付けたマーキング 5 と振動加速度 4 の方向との間の角度) を変化させて横感度を求め、
25 最大値が得られたときの横感度の値とそのときの角度 θ_{max} と、最小値が得られたときの横感度の値とそのときの角度 θ_{min} とを報告するように、定めて

いる。要するに、ISO5347-11:1993 Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups - Part 11: Testing of transverse vibration sensitivity では、横感度パラメータの個数は1個である。

5 発明の開示

発明が解決しようとする課題

上述した図1に示す方法における問題点は次の通りである。まず、問題なのは、ISO2041 Vibration and shock terminology に記述されているように、加速度計／加速度センサは加速度を計測するデバイスであり、初等物理学が教えるとおり、また同規格にも書かれているように、加速度はベクトル量である。これに対し、図1に示す方法は、ベクトルでの校正でないことは、明かである。その理由は、ベクトルとは大きさと方向を持つ量であるのに対して、図1に示す方法では方向の情報を最初から加速度センサに与えているからである。にもかかわらず、国際度量衡局が行った並進振動加速度を用いた国際比較においても図1に示す方法がもちいられ、4桁目、5桁目にやっと違いが出るほどの高精度であるとの結果になったが、これが加速度計／加速度センサの計測精度を保証するものと、一般的に理解されていることである。これは明らかに誤りである。しかし、我が国においてすら、『工業的には振動計測と加速度計測は殆ど同じである』との見解が公に示される通り、混乱を増幅こそすれ、正しい理解を産業界に求めるどころの騒ぎではない、という状況が続いている。

加速度を計測するということは、加速度という物理量がベクトルである以上は、大きさと方向を計測することではなければならない。その理由は、加速度計は ISO2041 vibration and shock - vocabulary が述べるように、
25 加速度を計測するデバイスだからである。したがって、図2に示す手法では、パラメータの個数が1個であるので、大きさと方向を計測することは

できない。

そこで本発明の目的は以上のような問題を並進振動加速度に関しても振動角加速度に関しても解消したベクトルとしての加速度を検出するセンサの感度を計測する方法および加速度計測方法を提供することにある。

5 課題を解決するための手段

本発明の一態様は、運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、加速度を検出する少なくとも1つのセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする。

15 また、本発明の別の態様は、並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも1つとを検出するセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加
20 速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の3軸直交座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする。

さらに、本発明の別の態様は、回転振動運動を発生する一軸振動台上に
25 治具を介して固定された、加速度を検出する少なくとも1つのセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記セ

ンサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、前記振動の回転軸の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする。

さらに、本発明の別の態様は、回転振動運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも1つとを検出するセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の3軸直交座標系の座標軸を、前記振動の回転軸の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする。

さらに、本発明の別の態様は、加速度を検出する少なくとも1つのセンサに関する、上記2つの方法によって各々計測された横感度によって加速度を検出するセンサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算することを特徴とする。

さらに、本発明の別の態様は、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも1つとを検出するセンサに関する、上記2つの方法によって各々計測された横感度によって加速度を検出するセンサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算することを特徴とする。

ここで、前記センサは、当該センサのケーシングが、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の2個以上の座標軸に垂直な面を有する

こととすることができる。

また、前記計測装置は、前記センサの前記面にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことができる。

さらに、前記センサは、当該センサのケーシングを、前記センサの回転
5 軸を含む面上かまたは当該回転軸と平行な面上に形成された照射面を有することとすることができる。前記各方法において、前記計測装置は、前記センサの前記照射面の二箇所
10 にレーザを照射するレーザ干渉計を含むこととすることができる。

さらに、前記センサは、当該センサのケーシングを、前記センサの回転
10 軸回りの回折格子を有することとすることができる。前記各方法において、前記計測装置は、前記センサの前記照射面の二箇所
15 にレーザを照射するレーザ干渉計を含むこととすることができる。

横感度に関してまとめると、一軸振動台の発生する振動が並進運動であっても回転運動であっても、前記治具を用いて校正対象の加速度センサが
15 検出する運動の方向を振動台が発生する運動の方向と垂直に設定することによって、振動台による運動の印加方向座標軸と当該加速度センサの出力信号に対応する入力加速度の座標軸の間の横感度を定めることができる。
例えば、前記治具によって、加速度センサのZ軸方向を一軸振動台の運動の方向とし、加速度センサの注目する出力信号をX軸入力加速度信号に
20 対応させれば、前記外部測定装置によってZ軸の運動加速度を計測することにより、Z軸入力-X軸出力の横感度を求めることができる。このとき、X軸入力信号が本来の設計上並進運動に対して感度を持つのか回転運動に対して感度を持つのかには無関係に、Z軸方向に並進運動もしくはZ軸周りに
25 回転運動を印加して良い。仮に、Z軸周りに振動角加速度を印加したとして、X軸が本来は並進振動加速度を検出するように設計されているとすると、想定外の回転運動にどの程度影響されるのか、を表す横感度が求

まることになる。

さらに、加速度を検出する N (N : 2以上の整数) 個のセンサを組み合わせ
わせて加速度の N 成分を求める際に、各センサの出力に、前記いずれかの
方法を前記各センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度と
5 ならなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加速度
の検出精度を向上させることができる。

さらに、少なくとも2軸の加速度を検出するセンサによって加速度を求
める際に、当該センサの出力に、前記いずれかの方法を前記センサに適用
して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの
10 逆マトリックスをかけることによって、加速度の検出精度を向上させるこ
とができる。

なお、本発明においては、感度マトリックスを以下の通りに定義した。

まず、加速度をベクトルとして計測するためには、加速度センサの数学
的定義を考える必要がある。

15 図3は、加速度センサの機能の数学的定義を説明する図である。図3に
示すように、加速度計／加速度センサの数学的機能は、実運動空間にある
ベクトルである加速度の集合（ベクトル空間）を、電気信号が表す加速度
の集合（ベクトル空間）に射影することである。ベクトル空間をベクトル
空間に射影するのは、線形性を仮定する限りは、数学的にはマトリックス
20 であるから、物理的に変換の割合を表す感度はマトリックスにならねばな
らない。したがって、感度を表すマトリックスの全ての成分を求めること
によって加速度を検出するセンサを正しく校正することができることにな
る。

ベクトル空間で重要になるのが次元である。次元とは、空間に存在する
25 一次独立なベクトルの個数の最大値である。一般論としては、実運動のベ
クトル空間の次元と、電気信号が表す加速度信号のベクトル空間の次元が

等しいとは限らない。振動台を用いた校正とは、実運動のベクトル空間の代わりに、当該振動台が生成するベクトル空間を用いて校正対象である加速度センサの感度を決定する作業に他ならない。従って、実運動のベクトル空間の次元より振動台が生成するベクトル空間の次元を大きく設定することは、物理的に意味を持つ。例えば、X Y Z の三次元並進加速度を検出するように設計されている加速度センサを、X Y Z の三次元並進およびX軸周り、Y軸周り、Z軸周りの六次元ベクトル空間で定義することは、想定外である角加速度が並進加速度の検出に及ぼす誤差を見積もるという意味があるのである。本発明は、この場合にも対応する。

- 10 実運動のベクトル空間の次元あるいは加速度センサの軸の数と振動台が生成するベクトル空間の次元が等しい場合には、感度を表すマトリックスは正方行列になる。振動台が生成するベクトル空間の次元が軸数よりも大きい場合には、感度マトリックスは、正方行列にはならない。正方行列にならない形式で感度マトリックスを求めることは、計測対象であるベクトル空間の次元の確からしさに関連し、最終的には計測の不確かさの見積もりには影響するので、意味のあることである。計測対象の質に深く係わる問題である。以下では、実運動ベクトル空間の次元と加速度センサの軸数が等しい場合のマトリックス感度について述べる。

(加速度センサが一軸の場合)

- 20 加速度センサが一軸の場合には、加速度センサの出力軸は1つで振動台が生成するベクトル空間の次元を3次元とすると、感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

$$\begin{pmatrix} s_{xx} & s_{xy} & s_{xz} \end{pmatrix}$$

(1)

(1)式では、出力軸を、X軸としており、 s_{xx} は、X軸入力（すなわち、加速度の方向がX軸方向であることを意味する。以下同様）に対するX軸出

力（すなわち、加速度センサの出力を意味する。以下同様）の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 s_{xy} は、Y 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xz} は Z 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度である。

5 (加速度センサが二軸の場合)

加速度センサが二軸の場合には、加速度センサの出力軸は 2 つで振動台が生成するベクトル空間の次元を 3 次元とすると、感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \end{pmatrix} \quad (2)$$

(2)式では、出力軸を、第 1 の軸は X 軸と第 2 の軸は Y 軸としている。第 10 1 の軸に関して、 s_{xx} は、X 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 s_{xy} は、Y 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xz} は Z 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度である。第 2 の軸に関して、 s_{yx} は、X 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{yy} は Y 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{yz} は Z 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度である。

(加速度センサが三軸の場合)

加速度センサが三軸の場合には、加速度センサの出力軸は 3 つで振動台が生成するベクトル空間の次元を 3 次元とすると、感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \quad (3)$$

(3)式では、出力軸を、第 1 の軸は X 軸、第 2 の軸は Y 軸と第 3 の軸は Z

軸としている。第 1 の軸に関して、 s_{xx} は、X 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 s_{xy} は、Y 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xz} は Z 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度である。第 2 の軸に関して、 s_{yx} は、X 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{yy} は Y 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{yz} は Z 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度である。第 3 の軸に関して、 s_{zx} は X 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であり、 s_{zy} は Y 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{zz} は Z 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので、主軸感度である。

(加速度センサが四軸の場合)

加速度センサが四軸の場合には、加速度センサの出力軸は 4 つで振動台が生成するベクトル空間の次元を 4 次元とすると、感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} & S_{xp} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} & S_{yp} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} & S_{zp} \\ S_{px} & S_{py} & S_{pz} & S_{pp} \end{pmatrix}$$

(4)

(4)式では、出力軸を、第 1 の軸は X 軸、第 2 の軸は Y 軸、第 3 の軸は Z 軸、第 4 の軸は p 軸としている。第 1 の軸に関して、 s_{xx} は、X 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 s_{xy} は、Y 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xz} は Z 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xp} は p 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度である。第 2 の軸に関して、 s_{yx} は、X 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{yy} は Y 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{yz} は Z 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{yp} は p 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横

感度である。第 3 の軸に関して、 s_{zx} は X 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であり、 s_{zy} は Y 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{zz} は Z 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{zp} は p 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度である。第 4 の軸に関して、 s_{px} は X 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{py} は Y 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pz} は Z 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pp} は p 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので主軸感度である。

(加速度センサが五軸の場合)

10 加速度センサが五軸の場合には、加速度センサの出力軸は 5 つで振動台が生成するベクトル空間の次元を 5 次元とすると、感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} & S_{xp} & S_{xq} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} & S_{yp} & S_{yq} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} & S_{zp} & S_{zq} \\ S_{px} & S_{py} & S_{pz} & S_{pp} & S_{pq} \\ S_{qx} & S_{qy} & S_{qz} & S_{qp} & S_{qq} \end{pmatrix}$$

(5)

(5) 式では、出力軸を、第 1 の軸は X 軸、第 2 の軸は Y 軸、第 3 の軸は Z 軸、第 4 の軸は p 軸、第 5 の軸は q 軸としている。第 1 の軸に関して、 s_{xx} は、X 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 s_{xy} は、Y 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xz} は Z 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xp} は p 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xq} は q 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度である。第 2 の軸に関して、 s_{yx} は、X 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{yy} は Y 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{yz} は Z 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{yp} は p 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横

感度、 s_{yq} は q 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度である。第 3 の軸に関して、 s_{zx} は X 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であり、 s_{zy} は Y 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{zz} は Z 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{zp} は p 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{zq} は q 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度である。第 4 の軸に関して、 s_{px} は X 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{py} は Y 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pz} は Z 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pp} は p 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{pq} は q 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度である。第 5 の軸に関して、 s_{qx} は X 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qy} は Y 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qz} は Z 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qp} は p 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qq} は q 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので主軸感度である。

(加速度センサが六軸の場合)

加速度センサが六軸の場合には、加速度センサの出力軸は 6 つで振動台が生成するベクトル空間の次元を 6 次元とすると、感度マトリックスは次のマトリックスで定義される。

$$\begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} & S_{xp} & S_{xq} & S_{xr} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} & S_{yp} & S_{yq} & S_{yr} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} & S_{zp} & S_{zq} & S_{zr} \\ S_{px} & S_{py} & S_{pz} & S_{pp} & S_{pq} & S_{pr} \\ S_{qx} & S_{qy} & S_{qz} & S_{qp} & S_{qq} & S_{qr} \\ S_{rx} & S_{ry} & S_{rz} & S_{rp} & S_{rq} & S_{rr} \end{pmatrix}$$

(6)

(6)式では、出力軸を、第 1 の軸は X 軸、第 2 の軸は Y 軸、第 3 の軸は Z 軸、第 4 の軸は p 軸、第 5 の軸は q 軸、第 6 の軸は r 軸としている。第 1

の軸に関して、 s_{xx} は、X 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので、主軸感度であるのに対して、 s_{xy} は、Y 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xz} は Z 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xp} は p 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xq} は q 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{xr} は r 軸入力に対する X 軸出力の割合を表すので横感度である。第 2 の軸に関して、 s_{yx} は、X 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{yy} は Y 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{yz} は Z 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{yp} は p 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{yq} は q 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{yr} は r 軸入力に対する Y 軸出力の割合を表すので横感度である。第 3 の軸に関して、 s_{zx} は X 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であり、 s_{zy} は Y 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度であるのに対して、 s_{zz} は Z 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{zp} は p 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{zq} は q 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{zr} は r 軸入力に対する Z 軸出力の割合を表すので横感度である。第 4 の軸に関して、 s_{px} は X 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{py} は Y 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pz} は Z 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pp} は p 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{pq} は q 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{pr} は r 軸入力に対する p 軸出力の割合を表すので横感度である。第 5 の軸に関して、 s_{qx} は X 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qy} は Y 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qz} は Z 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qp} は p 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{qq} は q 軸入力に対する q 軸出力の割合を表すので主軸感度、 s_{qr} は r 軸入力に対する q 軸出

力の割合を表すので横感度である。第 6 の軸に関して、 s_{rx} は X 軸入力に対する r 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{ry} は Y 軸入力に対する r 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{rz} は Z 軸入力に対する r 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{rp} は p 軸入力に対する r 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{rq} は q 軸入力に対する r 軸出力の割合を表すので横感度、 s_{rr} は r 軸入力に対する r 軸出力の割合を表すので主軸感度である。

各軸において、対角成分は、x, y, z, p, q, r 各軸方向の並進加速度もしくは角加速度の入力と、当該の出力端子からの出力信号を用いて求められるので、ここでは述べない。また、軸数の中で、並進加速度検出の自由度がいくつで、回転角加速度の検出の個数がいくつになるかは、予め決まっているわけではないことに注意する必要がある。4 軸の加速度センサで、回転角加速度検出の自由度が 3 で、並進角加速度の検出の自由度が 1 ということが在りうる事が重要である。並進加速度を 1 つでも検出する自由度がある限り、横感度特性があり、それを表す横感度がある。本発明によって、その横感度を、高価な装置を用いずに、求めることができる。

発明の効果

発明の効果は、以下の通りである。

(1) 簡単な構造の一軸振動台と治具とを用いて加速度を検出するセンサのマトリックス感度を計測することができる。

(2) 一般的には、加速度計測の精度が向上する。その理由を以下に説明する。

3 軸の加速度計を、三次元空間の並進加速度運動の測定に使うとする。その際、マトリックス感度は、以下の式で定義される。

$$\begin{pmatrix} V_{ox}(t) \\ V_{oy}(t) \\ V_{oz}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix}(t) \\ a_{iy}(t) \\ a_{iz}(t) \end{pmatrix} \quad (7)$$

簡単のために、感度マトリックスの対角成分がすべて 1 であり、横感度が ε % であったとする。

横感度を無視すると、(1,1,1)方向の加速度入力 X 成分、Y 成分、Z 成分を τ に対して、出力信号としての加速度の絶対値は、 $\sqrt{3} \cdot \tau$ となるのに対して、横感度 ε を考慮したマトリックス感度で考えると、出力信号としての加速度の絶対値は $\sqrt{3(1+2\varepsilon)} \cdot \tau$ となる。これを逆に考えると、正しくは $\sqrt{3\tau}/(1+2\varepsilon)$ の入力信号として計測されるべき信号が、 $\sqrt{3\tau}$ として認識されるわけである。このときの誤差は、以下の(24)式によって、 2ε % となる。

$$\frac{\sqrt{3\tau} - \frac{\sqrt{3\tau}}{1+2\varepsilon}}{\frac{\sqrt{3\tau}}{1+2\varepsilon}} = 2\varepsilon$$

(8)

圧電加速度センサでは、通常 2 ~ 3 % の横感度があるといわれており、3 % の横感度は 6 % の計測誤差になる。

現在、シリコンの微細加工による半導体加速度センサやジャイロの開発が世界的大流行であるが、横感度の値を説得力ある方法で計測した結果が添えられた論文は未だに発表されていないというのが現状である。

(3) 加速度計測の精度が向上することによって、我が国産業技術の高度化、高付加価値化が図られる。

(4) 一軸の振動発生機を用いて多軸多次元振動台を用いて校正したのとはほぼ同じ加速度センサのマトリックス感度を得られることになり、ベクトルとしての加速度を計測することが可能になる。

(5) 横感度を考慮することにより加速度をより正確に求めることが出来るので、各種強制規格を守って製作しなければならない工業製品開発においては、限界設計が可能になる。強制規格としては、自動車乗員安全規格 (米国規格 FMVSS201 規格に相当する我が国を含めた諸外国の強制法規)、人体振動規格 ISO8041、2631-1, 2631-2, 2631-3, 2631-4, 2631-5 などが

挙げられる。

(6) 産業用ロボットの高精度の制御が可能になる。

(7) 運動を発生する試験機（例えば、振動発生機など）の高性能化が進む。

5 (8) ヒューマノイドロボットによる繊細で高度な制御が可能になる。

(9) 地震計による地震の計測が、高精度になる。

(10) 人体の振動暴露規制値にもとづく人体暴露振動モニター装置の開発につながる。

(11) 構造物などのための振動計測、加速度計測の精度が向上する。

10 (12) 国際度量衡局がおこなった国際キーコンパリズンの無意味さが広く認識されるようになり、横感度計測のための国際比較が実施されるようになる。

(13) 半導体加速度センサでは、横感度を考えたマトリックス感度による表現が一般化することによって、半導体加速度センサの性能が飛躍的に
15 向上する。

(14) 地殻地盤常時監視システムが実現し、地殻変動が画像として認識されるようになる。

図面の簡単な説明

20 図1は、加速度計／加速度センサの校正方法を説明する図である。

図2は、ISO5347 Part11 に記述されている方法を説明する図である。

図3は、加速度センサの機能の数学的定義を説明する図である。

図4は、加速度センサの各例と加速度ベクトルを説明する図である。

図5は、立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けの一態様を
25 示す図である。

図6は、立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けの一態様を

簡略化して示す図である。

図 7 は、一軸加速度センサの主軸感度を計測する際の、一軸振動台に対する一軸加速度センサの固定の態様を示す図である。

図 8 は、一軸加速度センサへの入力加速度信号の一例をグラフ表示した図である。

図 9 は、一軸加速度センサ 5 からの出力信号の一例をグラフ表示した図である。

図 10 は、立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けの他の態様を簡略化して示す図である。

図 11 は、立方体ブロックへの一軸加速度センサの取り付けのさらに他の態様を簡略化して示す図である。

図 12 は、立方体ブロックへの半導体加速度センサの取り付けの一態様を示す図である。

図 13 は、立方体ブロックへの半導体加速度センサの取り付けの他の態様を示す図である。

図 14 は、立方体ブロックへの半導体加速度センサの取り付けのさらに他の態様を示す図である。

図 15 は、加速度センサの他の一例を示す図である。

図 16 は、加速度センサのさらに他の一例を説明する図である。

図 17 は、センサのケーシングの構造の一例を示す図である。

図 18 は、他のセンサの構造を説明する図である。

図 19 は、さらに他のセンサの構造を説明する図である。

図 20 は、一軸角加速度センサの主軸感度を計測する際の、振動角加速度を発生する一軸振動台に対する一軸角加速度センサの固定の態様を示す図である。

図 21 は、立方体ブロックへの一軸角加速度センサの取り付けの他の

態様を簡略化して示す図である。

図 2 2 は、立方体ブロックへの一軸角加速度センサの取り付けのさらに他の態様を簡略化して示す図である。

5 発明を実施するための最良の形態

実施例では、図 4A～図 4D に示す加速度センサを用いる。

図 4 A は 1 個の一軸加速度センサ 5 を治具としての立方体ブロック 6 の一面に取り付けたものであり、

10 図 4 B は 2 個の一軸加速度センサ 5 を治具としての立方体ブロック 6 の二つの面に各々取り付けたものであり、

図 4 C は 3 個の一軸加速度センサ 5 を治具としての立方体ブロック 6 の三つの面に各々取り付けたものであり、

15 図 4 D は半導体加速度計（ジャイロ機能、角加速度測定機能を含むものも対象とする）であり、これも治具としての立方体ブロックの一面に取り付ける。

なお、以上の各センサを取り付ける立方体ブロックの各面の定義（符号で示した）は図 5 または図 6 に示す通りであり、各センサに共通である。

20 図 4 E は、図 4 A～図 4 D の加速度センサに対する入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸（互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸）と、加速度 1 0 を座標軸方向に分解した状態を示すものである。

1 個の一軸加速度センサの場合（図 4 A）

25 一軸加速度センサ 5 として一般的な圧電型加速度センサは、図 5 のような形状をしており、下端部に設けたねじ部分を治具としての立方体ブロック 6 の一面にねじ込み固定することによって、一軸加速度センサ 5 は立方体ブロック 6 に取り付けられる。立方体ブロック 6 は十分な形状精度および面精度が得られたものを使用する。この状態では、加速度センサ 5 の主

感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と垂直である。

ここで、一軸加速度センサ 5 の出力軸（主感度軸）とこの出力軸に直交する 2 つの軸と入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸（X, Y, Z 軸）との関係を次のように定義した。すなわち、一軸加速度センサ 5 の出力軸である主感度軸方向を Z 軸と定義した。このため、この出力軸（Z 軸）と直交する 2 軸のうちの一方の軸を、Z 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交する他の面 6 b と直交する軸に一致する軸、すなわち X 軸と定義することができ、残りの軸を、Z 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a および他の面 6 b と直交する他の面 6 c と直交する軸、すなわち Y 軸と定義することができる。このように定義することによって、一軸加速度センサ 5 における前述した IS05347Part11 のような横感度データの最大値および最小値とそのときの角度 θ_{max} と θ_{min} を求めずに、すなわち、このような横感度データの最大値および最小値が得れる位置とは無関係に、一軸加速度センサ 5 を立方体ブロック 6 に取り付け固定するだけですむことになる（以下の例でも同様）。

したがって、後述するように、振動台 1 1（図 7）のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と反対側の面を取り付け固定すると、一軸加速度センサ 5 の主感度軸（Z 軸）と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向が一致する。換言すると、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Z 軸の方向に、立方体ブロック 6 およびこれに取り付けた一軸加速度センサ 5 を加振することになる。また、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の他の面 6 b を取り付け固定すると、一軸加速度センサ 5 の X 軸と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向が一致し、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち X 軸の方向に、立方体ブロック 6 およびこれに取り付けた一軸加速度センサ 5 を加振することになる

。さらに、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の他の面 6 c を取り付け固定すると、一軸加速度センサ 5 の Y 軸と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向が一致し、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Y 軸の方向に、立方体ブロック 6 およびこれに取り付けた一軸加速度センサ 5 を加振することになる。

以下の説明（図示）では一軸加速度センサ 5 の形状を簡略化して図 6 に示すように円柱で描くこともある。図 6 において、 \longleftrightarrow は加速度センサ 5 の主軸感度軸の方向を示している。

a. 主軸感度の計測

図 7 は一軸加速度センサ 5 の主軸感度を計測する際の、一軸振動台 1 1 に対する一軸加速度センサ 5 の固定の態様を示すものであり、一軸振動台 1 1 の上部のテーブル 1 2 上に一軸加速度センサ 5 を取り付けした立方体ブロック 6 を固定する。テーブル 1 2 は平坦であり、図 7 に示すように、テーブル 1 2 が水平になるように設置された状態で当該テーブル 1 2 が垂直方向（図中、矢印 \updownarrow で示す）に振動する。図 7 における固定の態様は、立方体ブロック 6 の一軸加速度センサ 5 の取り付け面 6 a の反対側（裏側）の面をテーブル 1 2 に固定した。したがって、この状態では、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸の Z 軸の方向が、振動台のテーブル 1 2 の振動方向に一致しており、この状態で振動台のテーブル 1 2 を振動させる。テーブル 1 2 面の運動加速度が一軸加速度センサ 5 への入力加速度となる。テーブル 1 2 面の運動は、レーザ干渉計か、またはより精度の高い加速度センサ等の計測装置で独立に計測する。なお、一軸加速度センサ 5 への入力加速度の計測は、テーブル面の運動を独立に計測して求める以外にも、後述のようにして求めることができる。

一軸加速度センサ 5 からの測定結果を示す出力信号と、テーブル 1 2 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果を示す信号とは、演算装置

(例えば、コンピュータ) に供給され、この演算装置によって、後述のような演算を行って横感度マトリックスを求める(以下に示す全ての例も同様である)。

まず、一軸加速度センサ 5 への入力加速度信号(すなわち、テーブル 1
2 面を直接的に計測するレーザ干渉計か、またはより精度の高い加速度センサ等の計測装置からの計測信号)と、一軸加速度センサ 5 からの出力信号との関係を、グラフに表すと、例えば、図 8、図 9 のようになる。

図 8 の縦軸は、一軸加速度センサ 5 に入力した加速度を表しており、メートル/(秒・秒)の単位であり、一方、図 9 の縦軸は、一軸加速度センサ 5 からの出力を表しており、電圧の単位である。図 8、図 9 の横軸は時間であり、両図の開始タイミングは一致している。

入力加速度を $a_{iz} \exp(j\omega t)$ で表し、一軸加速度センサ 5 の出力信号を $a_{oz} \exp(j\omega t)$ で表すとする、一軸加速度センサ 5 の主軸感度 $S_{zz}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{zz}(\omega) = \frac{a_{oz} \exp(j\omega t)}{a_{iz} \exp(j\omega t)} \quad (9)$$

ここで、S の添え字の意味に関しては前記の感度マトリックスの定義におけるそれと同様であり、最初の添え字(ここでは z)は入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸と一致する軸であって一軸加速度センサ 5 の出力軸の方向を意味しており(ここでは Z 軸)、次の添え字(ここでは z)は一軸振動台のテーブルに固定した状態の一軸加速度センサの軸のうち振動台のテーブルの振動(加振)方向と一致する軸を意味している(S の添え字に関しては以下同様)。位相遅れや、感度の減少は、 a_{oz} の項に入ってくるので、感度は複素数となる。

b. 横感度の計測

図 10 に示すように、振動台 11 のテーブル 12 に、一軸加速度センサ

5 に対して定義した X 軸の方向が、振動台のテーブル 1 2 の振動の方向と一致するように、一軸加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブロック 6 の面 6 b を取り付け固定した。この状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させる。主軸感度の計測と同様に、一軸加速度センサ 5 からの測定結果と、
5 テーブル 1 2 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果とに基づいて、横感度 S_{zx} を求める。すなわち、

入力加速度を $a_{ix} \exp(j\omega t)$ で表し、加速度センサの出力信号を $a_{oz} \exp(j\omega t)$ で表すとする、マトリックス感度における加速度センサの感度 $S_{zx}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{zx}(\omega) = \frac{a_{oz} \exp(j\omega t)}{a_{ix} \exp(j\omega t)} \quad (10)$$

10 勿論、位相がずれたり、ゲインが小さくなることは、 a_{oz} という複素数に吸収されており、横感度は、角周波数の関数としての複素数となる。

同様に、図 1 1 に示すように、振動台 1 1 のテーブル 1 2 に、一軸加速度センサ 5 に対して定義した Y 軸の方向が、振動台のテーブル 1 2 の振動の方向と一致するように、一軸加速度センサ 5 を取り付けた立方体ブ
15 ロック 6 の取り付け面 6 c を取り付け固定した。この状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させる。主軸感度の計測と同様に、一軸加速度センサ 5 からの測定結果と、テーブル 1 2 の面の運動を独立に計測する計測装置の計測結果とに基づいて、横感度 S_{zy} を求める。すなわち、

入力加速度を $a_{iy} \exp(j\omega t)$ で表し、加速度センサ 5 の出力信号を $a_{oz} \exp(j\omega t)$
20 で表すとする、マトリックス感度における加速度センサの感度は $S_{zy}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{zy}(\omega) = \frac{a_{oz} \exp(j\omega t)}{a_{iy} \exp(j\omega t)} \quad (11)$$

勿論、位相がずれたり、ゲインが小さくなることは、 a_{oz} という複素数に吸収されており、横感度は、角周波数の関数としての複素数となる。

以上から、(1)式を参考にして、一軸加速度センサ 5 の入出力関係を立てると、以下の(1 2)式が成立する（左辺が出力、右辺が入力）。

$$V_{oz} \exp(j\omega t) = \begin{pmatrix} S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \exp(j\omega t) \\ a_{iy} \exp(j\omega t) \\ a_{iz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} \quad (1 2)$$

なお、以上の説明は、立方体ブロック 6 に 1 個のセンサを取り付けた例について行ったが、これは説明の便宜のためであって、立方体ブロックの一面に取り付け固定するセンサの数は 1 個に限らない。すなわち、振動台のテーブル面に固定可能な規模の立方体ブロックの同一面に、複数のセンサを取り付け固定して、複数のセンサについて同時にまたは個別に測定を実施することもできる。また、振動台のテーブル面に複数の立方体ブロックを取り付け固定して各立方体ブロックに 1 個のセンサを取り付け、または各立方体ブロックの一面に複数のセンサを取り付けて、各センサごとに、または各センサ同時に測定を実施することもできる。これらのことは、以下の各例においても、同様である。

2 個の一軸加速度センサの場合（図 4 B）

2 個の一軸加速度センサ 5, 7 を立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と 6 b とに各々取り付け固定する。この状態では、加速度センサ 5 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交しており、加速度センサ 7 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と直交している。ここで、一軸加速度センサ 5 については前述した図 4 A と同様であり、一軸加速度センサ 7 の出力軸である主感度軸方向を X 軸と定義し、この X 軸と直交する 2 軸である Y 軸および Z 軸に関し、この X 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c と直交する軸に一致する軸を Y 軸とし、さらに X 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交する軸を Z 軸と定義した。

したがって、一軸加速度センサ 5 の X, Y, Z 軸と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向との関係は上述の例と同様であり、上述の通りにして、一軸加速度センサ 5 の主軸感度 $S_{zz}(\omega)$ と横感度 $S_{zx}(\omega)$ および $S_{zy}(\omega)$ とを求めることができる。

- 5 さらに、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 7 の主感度軸 (X 軸) と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち X 軸の
- 10 方向に加振することによって、一軸加速度センサ 7 の主軸感度 $S_{xx}(\omega)$ を求めることができる。

入力加速度を $a_{ix} \exp(j\omega t)$ で表し、一軸加速度センサ 7 の出力信号を $a_{ox} \exp(j\omega t)$ で表すとする、一軸加速度センサ 7 の主軸感度 $S_{xx}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{xx}(\omega) = \frac{a_{ox} \exp(j\omega t)}{a_{ix} \exp(j\omega t)} \quad (13)$$

- 15 同様に、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c を取り付け固定して、一軸加速度センサ 7 の Y 軸と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Y 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 7 の横感度 $S_{xy}(\omega)$ を求めることができる。
- 20

入力加速度を $a_{iy} \exp(j\omega t)$ で表し、加速度センサ 7 の出力信号を $a_{ox} \exp(j\omega t)$ で表すとする、マトリックス感度における加速度センサ 7 の感度 $S_{xy}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{xy}(\omega) = \frac{a_{ox} \exp(j\omega t)}{a_{iy} \exp(j\omega t)} \quad (14)$$

さらに、振動台 11 のテーブル 12 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6a と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 7 の Z 軸と振動台のテーブル 12 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 12 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Z 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 7 の横感度 $S_{xz}(\omega)$ を求めることができる。

入力加速度を $a_{iz} \exp(j\omega t)$ で表し、加速度センサ 7 の出力信号を $a_{ox} \exp(j\omega t)$ で表すとすると、マトリックス感度における加速度センサ 7 の感度 $S_{xz}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{xz}(\omega) = \frac{a_{ox} \exp(j\omega t)}{a_{iz} \exp(j\omega t)} \quad (15)$$

以上から、2 個の一軸加速度センサの入出力関係を立てると、以下の (16) 式が成立する (左辺が出力、右辺が入力)。

$$\begin{pmatrix} V_{ox} \exp(j\omega t) \\ V_{oz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \exp(j\omega t) \\ a_{iy} \exp(j\omega t) \\ a_{iz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} \quad (16)$$

以上をまとめると、マトリックス感度が、(16) 式のように定義されたとすると、マトリックスの各要素は、以下のような手順でもとまる。

要素	求める手順
S_{xx}	加速度計 5 と加速度計 7 を取り付けたブロック全体を、X 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 7 の出力信号を比較して、求める。
S_{xy}	加速度計 5 と加速度計 7 を取り付けたブロック全体を、Y 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 7 の出力信号を比較して求める。
S_{xz}	加速度計 5 と加速度計 7 を取り付けたブロック全体を、Z 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 7 の出力信号を比較して求める。
S_{zx}	加速度計 5 と加速度計 7 を取り付けたブロック全体を、X 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 5 の出力信号を比較して、求める。
S_{zy}	加速度計 5 と加速度計 7 を取り付けたブロック全体を、Y 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 5 の出力信号を比較して求める。
S_{zz}	加速度計 5 と加速度計 7 を取り付けたブロック全体を、Z 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 5 の出力信号を比較して求める。

勿論、加速度計 5 と加速度計 7 の出力は同時に計測して良い。

3 個の一軸加速度センサの場合（図 4 C）

3 個の一軸加速度センサ 5, 7, 8 を立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と 6 b と 6 c とに各々取り付け固定する。この状態では、加速度センサ 5 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交しており、加速度センサ 7 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と直交しており、加速度センサ 8 の主感度軸の方向はこれを固定した立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c と直交している。ここで、一軸加速度センサ 5 および 7 については前述した図 4 B と同様であり、一軸加速度センサ 8 の出力軸である主感度軸方向を Y 軸と定義し、この Y 軸と直交する 2 軸である X 軸および Z 軸に関し、この Y 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と直交する軸に一致する軸を X 軸とし、さらに Y 軸と直交し、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と直交する軸を Z 軸と定義した。

したがって、一軸加速度センサ 5 および 7 の X, Y, Z 軸と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向との関係は上述の例と同様であり、上述の通りにして、一軸加速度センサ 5 の主軸感度 $S_{zz}(\omega)$ と横感度 $S_{zx}(\omega)$ および $S_{zy}(\omega)$ と、一軸加速度センサ 7 の主軸感度 $S_{xx}(\omega)$ と横感度 $S_{xy}(\omega)$ および $S_{xz}(\omega)$ とを求

めることができる。

さらに、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 c と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 8 の主感度軸（Y 軸）と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Y 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 8 の主軸感度 $S_{yy}(\omega)$ を求めることができる。

入力加速度を $a_{iy} \exp(j\omega t)$ で表し、一軸加速度センサ 8 の出力信号を $a_{oy} \exp(j\omega t)$ で表すとすると、一軸加速度センサ 8 の主軸感度 $S_{xx}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{yy}(\omega) = \frac{a_{oy} \exp(j\omega t)}{a_{iy} \exp(j\omega t)} \quad (17)$$

同様に、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 b と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 8 の X 軸と振動台のテーブル 1 2 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち X 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 8 の横感度 $S_{yx}(\omega)$ を求めることができる。

入力加速度を $a_{ix} \exp(j\omega t)$ で表し、加速度センサ 8 の出力信号を $a_{oy} \exp(j\omega t)$ で表すとすると、マトリックス感度における加速度センサ 8 の感度 $S_{yx}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{yx}(\omega) = \frac{a_{oy} \exp(j\omega t)}{a_{ix} \exp(j\omega t)} \quad (18)$$

さらに、振動台 1 1 のテーブル 1 2 面上に、立方体ブロック 6 の取り付け面 6 a と反対側の面を取り付け固定して、一軸加速度センサ 8 の Z 軸と

振動台のテーブル 1 2 の振動の方向を一致させた状態で、振動台のテーブル 1 2 を振動させて立方体ブロック 6 を加振することによって、すなわち、入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸のうち Z 軸の方向に加振することによって、一軸加速度センサ 8 の横感度 $S_{yz}(\omega)$ を求めることができる

5 。

入力加速度を $a_{iz} \exp(j\omega t)$ で表し、加速度センサ 8 の出力信号を $a_{oy} \exp(j\omega t)$ で表すとする、マトリックス感度における加速度センサ 8 の感度 $S_{yz}(\omega)$ は、以下の式で定義される。

$$S_{yz}(\omega) = \frac{a_{oy} \exp(j\omega t)}{a_{iz} \exp(j\omega t)} \quad (19)$$

10 以上から、3 個の一軸加速度センサの入出力関係を立てると、以下の (20) 式が成立する (左辺が出力、右辺が入力)。

$$\begin{pmatrix} V_{ox} \exp(j\omega t) \\ V_{oz} \exp(j\omega t) \\ V_{oy} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \exp(j\omega t) \\ a_{iy} \exp(j\omega t) \\ a_{iz} \exp(j\omega t) \end{pmatrix} \quad (20)$$

以上をまとめると、マトリックス感度が、(20) 式のように定義されるとき、マトリックスの各要素は、以下のような手順でもとまる。

要素	求める手順
S_{xx}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、X 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 7 の出力信号を比較して、求める。
S_{xy}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、Y 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 7 の出力信号を比較して、求める。
S_{xz}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、Z 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 7 の出力信号を比較して、求める。
S_{yx}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、X 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 8 の出力信号を比較して、求める。
S_{yy}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、Y 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 8 の出力信号を比較して、求める。
S_{yz}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、Z 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 8 の出力信号を比較して、求める。
S_{zx}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、X 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 5 の出力信号を比較して、求める。
S_{zy}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、Y 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 5 の出力信号を比較して、求める。
S_{zz}	加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 を取り付けたブロック全体を、Z 軸方向にのみ加振して、加振加速度と加速度計 5 の出力信号を比較して、求める。

勿論、加速度計 5、加速度計 7 と加速度計 8 の出力は同じ方向に加振している際には同時に計測して良い。

半導体加速度計（ジャイロ機能、角加速度測定機能を含む）の場合（図 4

5 D)

半導体加速度センサ 9 の場合は、並進加速度の主感度軸を一つ持つ加速度センサを組みあわせたものとみなすことは不可である。すなわち、一軸加速度センサの場合のように、単独に一軸加速度センサの特性を調べてそれぞれの横感度を元に、マトリックス感度を調べるというようなことは不

可能である。また、並進加速度についての感度の主軸は最大でも 3 個しかない。そこで、入力加速度を定義する座標系を X 軸、Y 軸、Z 軸として定義する。半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 1 個の場合には、O X
(O は座標の原点を示す。以下同様) を出力軸とする。加速度センサ 9 の
5 出力の軸の個数が 2 個の場合には、O X、O Y を出力軸とする。加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 3 個の場合には、O X、O Y、O Z を出力軸とする。

なお、加速度センサ 9 は、図 1 2 ~ 図 1 4 に示すように、治具としての立方体ブロック 6 に取り付ける。この立方体ブロック 6 は、振動台のテーブル面上に取り付け固定する。このときに、主軸感度、横感度は、以下の
10 手順によって求めることが出来る。但し、出力軸（主軸感度）は、常に加振加速度が存在する平面（すなわち、振動台のテーブル面）と垂直でなければならない。すなわち、図 1 2 に示すように、Z 軸が振動台のテーブル面と垂直の場合は、出力軸は O Z、図 1 3 に示すように、X 軸が振動台の
15 テーブル面と垂直の場合は、出力軸は O X、図 1 4 に示すように、Y 軸が振動台のテーブル面と垂直の場合は、出力軸は O Y となる。

要素	求める手順
S_{xx}	X軸方向に正弦波加振して、X軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{xy}	Y軸方向に正弦波加振して、X軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{xz}	Z軸方向に正弦波加振して、X軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{yx}	X軸方向に正弦波加振して、Y軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{yy}	Y軸方向に正弦波加振して、Y軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{yz}	Z軸方向に正弦波加振して、Y軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{zx}	X軸方向に正弦波加振して、Z軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{zy}	Y軸方向に正弦波加振して、Z軸出力信号と加振信号から、感度を求める。
S_{zz}	Z軸方向に正弦波加振して、Z軸出力信号と加振信号から、感度を求める。

以上のようにして求めた、並進加速度に関する横感度を、その求め方と、入力加速度ベクトル、出力信号ベクトル定義に基づいて、感度マトリックスの第 i 行 j 列成分として入出力の対応関係を考慮して正しい位置に配置していくことにより、感度マトリックスを定義することが出来る。この感度マトリックスを定義するための手法は、半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 1 個の場合には、前述した「1 個の一軸加速度センサの場合（図 4 A）」と同様であり、半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 2 個の場合には、前述した「2 個の一軸加速度センサの場合（図 4 B）」と同様であり、半導体加速度センサ 9 の出力の軸の個数が 3 個の場合には、前述した「3 個の一軸加速度センサの場合（図 4 C）」と同様である。

なお、上述した 3 個の一軸加速度センサを組み合わせた例（図 4 C）の場合および半導体加速度センサであって加速度の出力軸が 3 つある場合は、加速度の検出精度をより高くすることができる。すなわち、これらの場

合は、3次元空間の並進加速度だけを考えると、以下の関係式が成立する。各符号の定義は前述した通りである。

$$\begin{pmatrix} a_{ox} \\ a_{oy} \\ a_{oz} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{ix} \\ a_{iy} \\ a_{iz} \end{pmatrix} \quad (21)$$

ここで、入力加速度 $\begin{pmatrix} a_{ix} \\ a_{iy} \\ a_{iz} \end{pmatrix}$ が、出力加速度 $\begin{pmatrix} a_{ox} \\ a_{oy} \\ a_{oz} \end{pmatrix}$ から求まるためには、マトリ

- 5 ックス感度の逆マトリックスを出力加速度にかければよいが、その前に、逆マトリックスが存在することを説明する。

$S_{xx} = S_{yy} = S_{zz} = S$ と仮定し、かつ、横感度が全て等しいとして、 $S_{xy} = S_{xz} = S_{yx} = S_{yz} = S_{zx} = S_{zy} = \varepsilon \times S$ と置くと、以下の式が成立するので、マトリックス感度の逆マトリックスを出力信号にかけて、入力信号をより精度高く求めることが可能となる。

$$\det \begin{pmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} S & \varepsilon S & \varepsilon S \\ \varepsilon S & S & \varepsilon S \\ \varepsilon S & \varepsilon S & S \end{vmatrix} = S^3 \begin{vmatrix} 1 & \varepsilon & \varepsilon \\ \varepsilon & 1 & \varepsilon \\ \varepsilon & \varepsilon & 1 \end{vmatrix} = S^3 (\varepsilon - 1)^2 (2\varepsilon + 1) \neq 0 \quad (22)$$

- 10 通常、横感度と主軸感度の比は1よりも小さいので、 $\varepsilon \leq 1$ と仮定することは、妥当である。すると、式(1)からマトリックス感度の逆マトリックスは存在すると考えることができる。

一軸加速度センサへの入力加速度の計測

- 15 一軸加速度センサへの入力加速度は、一軸加速度センサにレーザ干渉計からのレーザを直接照射して計測することができる。そのための一軸加速度センサのいくつかの(ケーシングの)構造を説明する。図15に示すように、一般的な構造の一軸加速度センサ13の下部は、被検出物にねじ込み固定するためのナット状をしており、その上の部分は断面円柱状をして

いる。この一般的な構造の一軸加速度センサ 1 3 の上面 1 3 c は平坦であり、軸心と直交しており、ここにレーザ干渉計からのレーザを照射することができる。このため、一軸加速度センサ 1 3 の上面 1 3 c に、入力加速度を定義する空間の座標系の X, Y, Z 軸のうちの一つ（例えば Z 軸）に
5 その光路を一致させたレーザを垂直に照射することができる。さらに、一軸加速度センサ 1 3 の断面円柱状の部分の側面に突出部分 1 3 a, 1 3 b を形成し、これら 2 つの突出部分 1 3 a, 1 3 b を平坦な表面になるように且つこれら表面の間の角度が 90 度になるように加工（例えば十分高い精度を有する切削加工）し、これら 2 つの突出部分 1 3 a, 1 3 b の平坦
10 な表面を、一軸加速度センサ 1 3 の軸心と直交するように加工した。したがって、これらの突出部分 1 3 a, 1 3 b の平坦な表面に、残りの 2 軸（X, Y 軸）に光路を一致させたレーザ干渉計からのレーザを垂直に照射することができ、これらの突出部分 1 3 a, 1 3 b と上面 1 3 c とに照射するレーザの光路を X, Y, Z 軸に高精度に一致させることができる。この
15 構造は 1 個の一軸加速度センサのみを使用する場合に適用できる。

また、図 1 6 A に示すように、一軸加速度センサ 1 4 の断面円柱状の部分の側面にねじを形成する。このねじの部分に、図 1 6 B, C に示すような環状の部品 1 5 と部品 1 6 とをねじ込む。部品 1 5 は、隣接する外周の 2 辺 1 5 a, 1 5 b が平坦な表面になるように且つこれら表面の間の角度
20 が 90 度になるように加工（例えば十分高い精度を有する切削加工）し、一軸加速度センサ 1 4 の断面円柱状の部分にねじ込んだ状態で、これら 2 辺 1 5 a, 1 5 b の平坦な表面を、一軸加速度センサ 1 4 の軸心と直交するように加工した。他の部品 1 6 は部品 1 5 に当接してこれをセンサ 1 4 に固定するためのものであって、部品 1 5 の一軸加速度センサ 1 4 の軸心
25 回りの位置を決定した後にその位置を固定することができる。一軸加速度センサ 1 4 の上面 1 4 c は平坦であり、軸心と直交しており、ここにレー

5 ザ干渉計からのレーザを照射することができる。このような構造によれば、一軸加速度センサ 1 4 の上面 1 4 c に垂直に照射するレーザの入出力光路を入力加速度を定義する空間の座標系の X, Y, Z 軸のうちの一つ（例えば Z 軸）に一致させ、さらに、部品 1 5 の一軸加速度センサ 1 4 の軸心
10 回りの位置を調節して、部品 1 5 の 2 辺 1 5 a, 1 5 b の平坦な表面に垂直に照射するレーザ干渉計からのレーザの光路を入力加速度を定義する空間の座標系の残りの 2 軸（X, Y 軸）に一致させることができる。したがって、この図 1 6 に示す一軸加速度センサ 1 4 は、図 4 B または C のように 2 個または 3 個を組み合わせる場合に適用できる。

10 なお、図 1 5, 図 1 6 に示したような一般的な構造の一軸加速度センサ以外の一軸加速度センサでは、その外側形状に制約が無ければ、外側形状の各一部に、入力加速度を定義する空間の座標系の X 軸, Y 軸および Z 軸に垂直なレーザ照射面を形成することができる。さらに、半導体加速度センサに関しても同様な構造のものを形成することができる。

15 角加速度、角速度による影響を考慮する場合

さらに、以上のようなセンサの感度マトリックスを求める際に、当該センサの回転軸回りの回転による影響を考慮することができる。

そのためのセンサのケーシングの構造を例を以下に示す。

20 図 1 7 に示すセンサ 1 7 は、ケーシングが、その回転軸（この場合は主感度軸）を含む面上に形成された平面 1 7 a, 1 7 b を有する例を示しており、この二つの平面 1 7 a, 1 7 b に 2 つのレーザ干渉計からのレーザを各々照射できるような構造である。このような構造によれば、センサ 1 7 を、回転振動運動を発生する一軸振動台（以下、同様）の回転中心にその回転軸が位置するように前記立方体ブロックを介して取り付け、回転振
25 動運動を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に、二つの平面 1 7 a, 1 7 b に 2 つのレーザ干渉計からのレーザ

を各々照射して得られた角速度振動または角加速度振動の計測値とを、前述した各例におけるセンサの横感度を計算する際に参照することができる。なお、レーザ干渉計により計測値を算出するために必要なセンサ 17 の回転軸から、平面 17 a, 17 b のレーザ照射点までの距離が明確になるように、平面 17 a, 17 b 上には、例えば、目盛り表示等の指示を設けてある。

この例は基本構造を示すものであり、センサ 17 の側面に例えば切削加工によって平面 17 a, 17 b を形成することができる。

また、回転軸を含む平面上にレーザ照射の平面を形成せずに、回転軸と平行な面上にレーザ照射の平面があってもよい。図 18 はこのような平面を持つ構造のセンサを示す。まず、図 18 A に示すように、センサ 18 の断面円柱状の部分の側面にねじを形成する。このねじの部分に、図 18 B, C に示すような環状の部品 19 と部品 20 とをねじ込む。部品 19 は、隣接する外周の 2 辺 19 a, 19 b がセンサ 18 にねじ込んだ状態でその回転軸と平行な面上に位置する平坦な表面になるように且つこれら表面の間の角度が 90 度になるように加工（例えば十分高い精度を有する切削加工）した。他の部品 20 は部品 19 に当接してこれをセンサ 18 に固定するためのものであって、部品 19 のセンサ 14 の軸心回りの位置を決定した後にその位置を固定することができる。このような構造ではセンサ 18 を、回転運動を発生する一軸振動台の回転中心にその回転軸が位置するように前記立方体ブロックを介して取り付け、回転運動を印加し、前記印加によって得られた前記センサ 18 の出力値と、前記印加時に、平面 18 a または 18 b の 2 箇所に 2 つのレーザ干渉計からのレーザを各々照射して得られた角速度または角加速度の計測値とを、前述した各例におけるセンサの横感度を計算する際に参照することができる。なお、レーザ干渉計により計測値を算出するために、センサ 18 の回転軸から、平面 18 a また

は 1 8 b までの距離と、平面 1 8 a または 1 8 b 上のレーザ照射点とセンサ 1 8 の回転軸との間の幾何学的関係が明確になるように、平面 1 8 a, 1 8 b 上には、例えば、目盛り表示等の指示を設けてある。また、この例の平面 1 8 a, 1 8 b はセンサ 1 8 の主感度軸方向に厚くなっており、センサ 1 8 の主感度軸方向に二段に 2 つのレーザ干渉計からのレーザを照射
5 することができ、この場合には、センサ 1 8 の主感度軸以外の回転軸回りの角速度、角加速度の影響を調べることができる。

さらに、図 1 9 に示すように、センサの回転軸回りに回折格子を有する構造とすることができる。図 1 9 A は、センサ 2 1 の断面円柱状の部分の
10 側面にねじを形成し、このねじの部分に、外周に回折格子を形成したリング状の部品 2 2 をねじ込んだものである。また、図 1 9 B は、センサ 2 3 の側面に軸回りに回折格子 2 4 を切削加工等により形成したものである。このような構造のセンサ 2 1 または 2 3 を、回転運動を発生する一軸振動台の回転中心にその回転軸が位置するように前記立方体ブロックを介して
15 取り付け、回転運動を印加し、前記印加によって得られた前記センサ 2 1 または 2 3 の出力値と、前記印加時に、回折格子 2 2 または 2 4 にレーザ干渉計からのレーザを照射して得られた角速度または角加速度の計測値とを、前述した各例におけるセンサの横感度を計算する際に参照することができる。

20 角速度、角加速度を検出する加速度センサの横感度を測定する場合

図 2 0 は、図 7 に示す一軸の並進加速度センサの校正方法に対応した、一軸の角加速度センサの校正方法を示している。2 6 は角加速度センサ、6 はその取り付けブロック、2 7 は振動角加速度を発生する一軸振動台であり、円板状のテーブル 2 8 は一軸振動台 2 7 の本体に対して図中の両方
25 向矢印の方向に回転振動する。テーブル 2 8 は、その側面に光学回折格子が形成されている。角加速度センサの感度軸周りの振動角加速度は一軸振

動台 27 によって作成され、その方向は両方向矢印である \longleftrightarrow により示される。テーブル 28 の振動角加速度、すなわち、テーブル 28 に取り付けブロック 6 を介して取り付けした角加速度センサ 26 に印加される振動角加速度を計測するためのレーザ干渉計からのレーザ光がテーブル 28 の側面
5 の光学回折格子に水平に照射される。角加速度センサ 26 の感度軸は、テーブルの取り付け面と垂直になるよう、取り付けブロックの各面は高い平面度を持ち、かつ面相互の直角度が出ていなければならない。また、図 7 に示されている垂直方向の一軸並進振動加速度台のテーブルに、図 20 に示されている角加速度センサ 26 をセットすれば感度軸と並進加速度の方
10 向が一致するので、上述した感度軸方向の並進振動加速度に関する、横感度を測定することが出来る。

多軸の加速度センサの場合、あるいは並進加速度と角速度を同時に検出する多軸のモーションセンサの場合には、角加速度、角速度の感度軸と振動台の回転運動の軸を一致させることで、その軸周りの角加速度もしくは
15 角速度に関するセンサの感度を定めることが出来る。そのセンサを、図 7 に示すように一軸並進運動振動台にセットし、回転運動に対する感度軸と平行に並進運動振動加速度を印加することによって、その感度軸に対する並進運動の横感度を測定することが出来る。並進運動のみに感度をもつ加速度センサでは、横感度は物理的に横のイメージになるが、回転運動の場合
20 合にはそうはならない。あくまで感度マトリックスの非対角成分の意味での横感度である。

図 21 では、一軸の角加速度センサもしくは角速度センサの感度軸と垂直となる X 軸周りに回転振動運動を印加して、角加速度または角速度の印加による出力信号を得て横感度を測定する場合を示している。26 は角加
25 速度センサ、6 はその取り付けブロック、27 は振動角加速度を発生する一軸振動台、28 は回折格子が側面に製作されている取り付けテーブルで

ある。角加速度センサの感度軸周りの角振動加速度は一軸振動台 27 によって作成され、その方向は両方向矢印 \longleftrightarrow により示される。回転振動運動を印加する回転軸をどこに設定するかによって、横感度の値が変化する場合があります。全く同じ状態で図 10 に示す一

5 軸の並進運動の振動台の上に設置すれば、X 軸方向の並進振動加速度が入力加速度として作用するときの、角加速度センサに関する横感度を計測することが出来る。

多軸の加速度センサの場合、あるいは並進加速度と角速度を同時に検出する多軸のモーションセンサの場合には、角加速度、角速度の感度軸と振

10 動台の回転運動の軸を垂直に配置することによって、その軸周りの角加速度もしくは角速度に関するセンサの感度を定めることが出来る。そのセンサを、図 10 に示すように一軸並進運動振動台にセットし、回転運動に対する感度軸とは垂直に並進運動振動加速度を印加することによって、その感度軸に対する並進運動の横感度を測定することが出来る。並進運動のみ

15 に感度をもつ加速度センサでは、横感度は物理的に横のイメージになるが、回転運動の場合にはそうはならない。あくまで感度マトリックスの非対角成分の意味での横感度である。並進運動加速度であれ、角加速度、角速度の感度軸であれ、感度軸に垂直方向に加速度を印加する際の印加の方向あるいは回転中心となる軸は、加速度を印加する入力軸のいずれか一つと

20 一致していなければならないことはない。例えば、並進加速度を検出する二軸加速度センサが X 軸入力軸、Y 軸入力軸を持つとして、感度の計測を、X 軸に沿った並進振動加速度、Y 軸に沿った並進振動は当然のこととして、Z 軸周りの角加速度を印加して横感度を定義してよいのである。この場合には、3 次元の空間で二軸加速度センサのマトリックス感度が求めら

25 れたことになり、 2×3 の感度マトリックスが得られる。

図 22 では、一軸の角加速度センサもしくは角速度センサの感度軸と垂

直となる Y 軸周りに回転振動運動を印加して、角加速度または角速度の印加による出力信号を得て横感度を測定する場合を示している。26 は角加速度センサ、6 はその取り付けブロック、27 は振動角加速度を発生する一軸振動台、28 は回折格子が側面に製作されている取り付けテーブルである。角加速度センサの感度軸周りの角振動加速度は一軸振動台 27 によって作成され、その方向は両方向矢印 \longleftrightarrow により示される。回転振動運動を印加する回転軸をどこに設定するかによって、横感度の値が変化する場合がありうることに注意する必要がある。全く同じ状態で図 11 に示す一軸の並進運動の振動台の上に設置すれば、Y 軸方向の並進振動加速度が入力加速度として作用するときの、角加速度センサに関する横感度を計測することが出来る。

並進運動加速度であれ、角加速度、角速度の感度軸であれ、感度軸に垂直方向に加速度を印加する際の印加の方向あるいは回転中心となる軸は、加速度を印加する入力軸のいずれか一つと一致していなければならないことはない。例えば、並進加速度を検出する二軸加速度センサが X 軸入力軸、Y 軸入力軸を持つとして、感度の計測を、X 軸に沿った並進振動加速度、Y 軸に沿った並進振動は当然のこととして、Z 軸周りの角加速度を印加して横感度を定義してよいのである。この場合には、3 次元の空間で二軸加速度センサのマトリックス感度が求められたことになり、 2×3 の感度マトリックスが得られる。

請求の範囲

1. 並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、加速度を検出する少なくとも1つのセンサに前記振動台によって振動加速度
5 を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、前記振動
10 の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

2. 並進運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも1つとを検出する
15 センサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義
20 する空間の3軸直交座標系の座標軸を、前記振動の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

3. 加速度を検出するセンサであって、当該センサのケーシングが、
25 前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の2個以上の座標軸に垂直な面を有することを特徴とする加速度を検出するセンサ。

4. 前記センサは請求項3のセンサであり、前記計測装置は、前記センサの前記面にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことを特徴とする請求項1に記載のセンサの横感度を計測する方法。

5

5. 前記センサは請求項3のセンサであり、前記計測装置は、前記センサの前記面にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことを特徴とする請求項2に記載のセンサの横感度を計測する方法。

10 6. 回転振動運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、加速度を検出する少なくとも1つのセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに基づいて、前記センサの感度マトリックス
15 スの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、前記振動の回転軸の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

20 7. 回転振動運動を発生する一軸振動台上に治具を介して固定された、並進加速度と回転角速度および回転角加速度の少なくとも1つとを検出するセンサに前記振動台によって振動加速度を印加し、前記印加によって得られた前記センサの出力値と、前記印加時に前記センサから独立した計測装置によって計測して得られた前記センサへの入力加速度の計測値とに
25 基づいて、前記センサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算する方法であって、前記治具を調節して、前記センサへの入力加速度を

定義する空間の 3 軸直交座標系の座標軸を、前記振動の回転軸の方向と一致させた状態で、前記印加を実行することを特徴とする加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

8. 加速度を検出する N (N : 2 以上の整数) 個のセンサを組み合わせ
5 せて加速度の N 成分を求める際に、各センサの出力に、請求項 1, 2, 4, 5, 6 および 7 のいずれかの方法を前記各センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加速度の検出精度を向上させることを特徴とする加速度計測方法。

10

9. 少なくとも 2 軸の加速度を検出するセンサによって加速度を求める際に、当該センサの出力に、請求項 1, 2, 4, 5, 6 および 7 のいずれかの方法を前記センサに適用して求めた当該センサの主軸感度と横感度とからなる感度マトリックスの逆マトリックスをかけることによって、加
15 速度の検出精度を向上させることを特徴とする加速度計測方法。

10. 請求項 1 の方法によって計測された横感度と請求項 6 の方法によって計測された横感度とによって、加速度を検出するセンサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算することを特徴とする加速度を
20 検出するセンサの横感度を計測する方法。

11. 請求項 2 の方法によって計測された横感度と請求項 7 の方法によって計測された横感度とによって、加速度を検出するセンサの感度マトリックスの要素の一つである横感度を計算することを特徴とする加速度を
25 検出するセンサの横感度を計測する方法。

1 2. 加速度を検出するセンサであって、当該センサのケーシングが、前記センサの回転軸を含む面上かまたは当該回転軸と平行な面上に形成された照射面を有することを特徴とする加速度を検出するセンサ。

5 1 3. 加速度を検出するセンサであって、当該センサのケーシングが、前記センサの回転軸回りの回折格子を有することを特徴とする加速度を検出するセンサ。

1 4. 前記センサは請求項 1 2 のセンサであり、前記計測装置は、前
10 記センサの前記照射面の二箇所レーザを照射するレーザ干渉計を含むことを特徴とする請求項 6, 7 および 1 0 のいずれかに記載の加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

1 5. 前記センサは請求項 1 3 のセンサであり、前記計測装置は、前
15 記センサの前記回折格子にレーザを照射するレーザ干渉計を含むことを特徴とする請求項 6, 7 および 1 0 のいずれかに記載の加速度を検出するセンサの横感度を計測する方法。

1/22

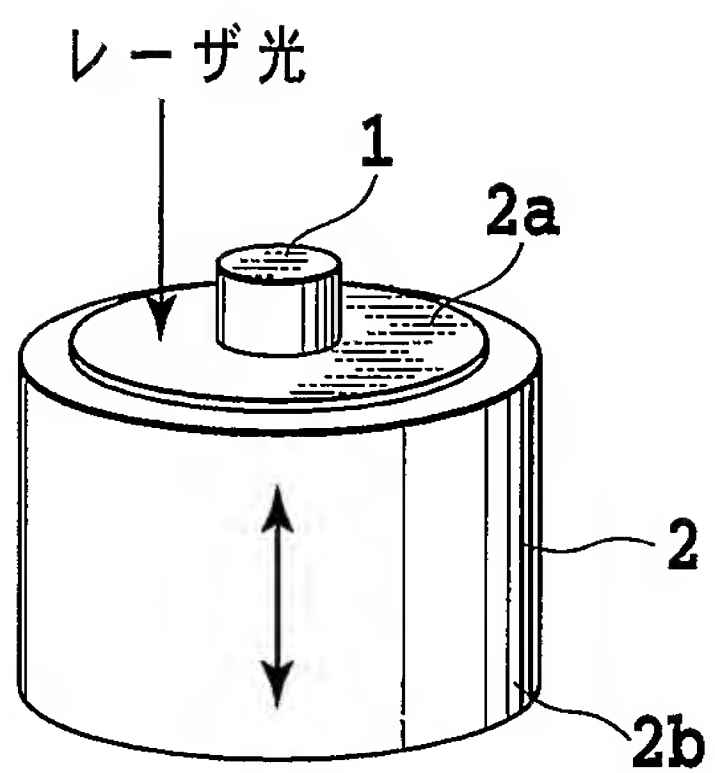


FIG. 1A

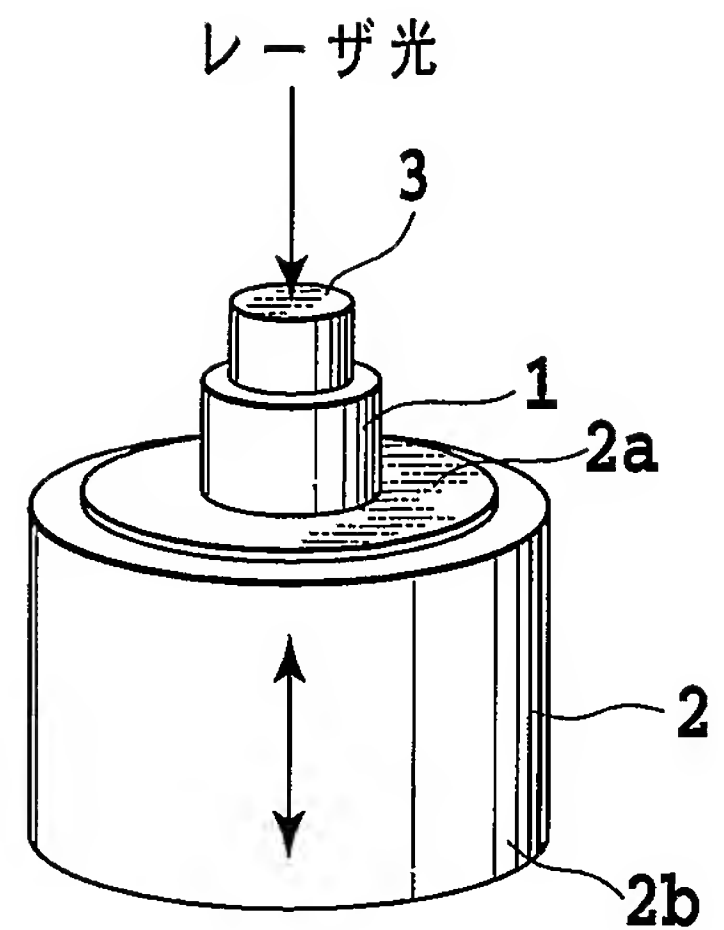


FIG. 1C

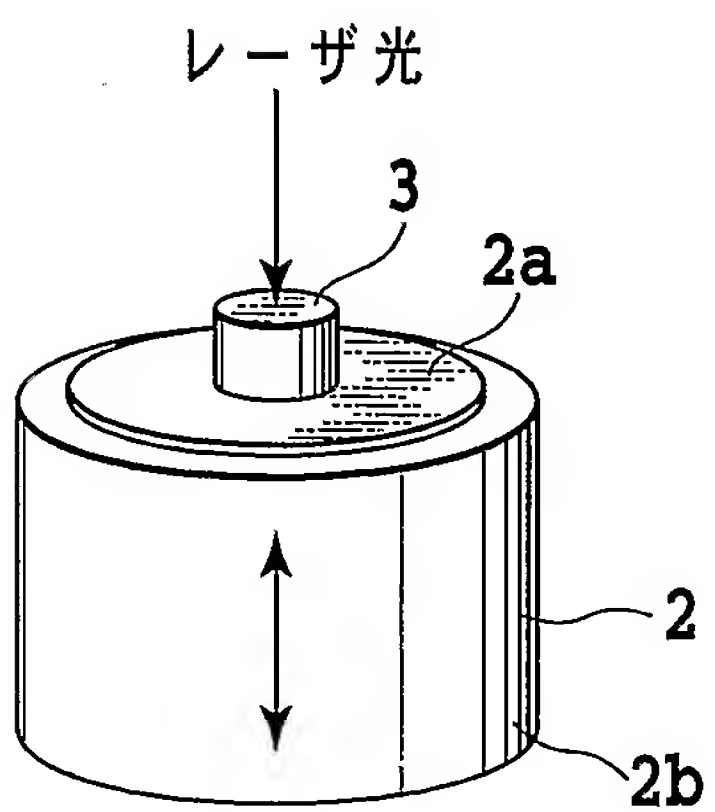


FIG. 1B

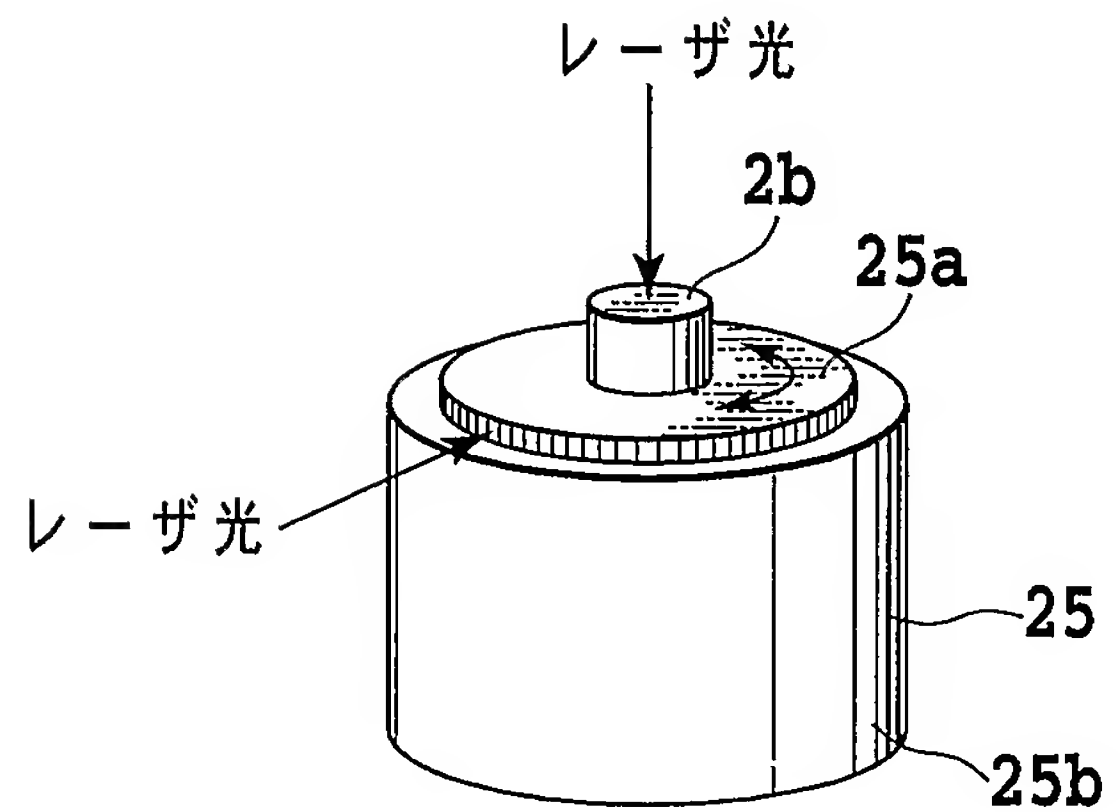


FIG. 1D

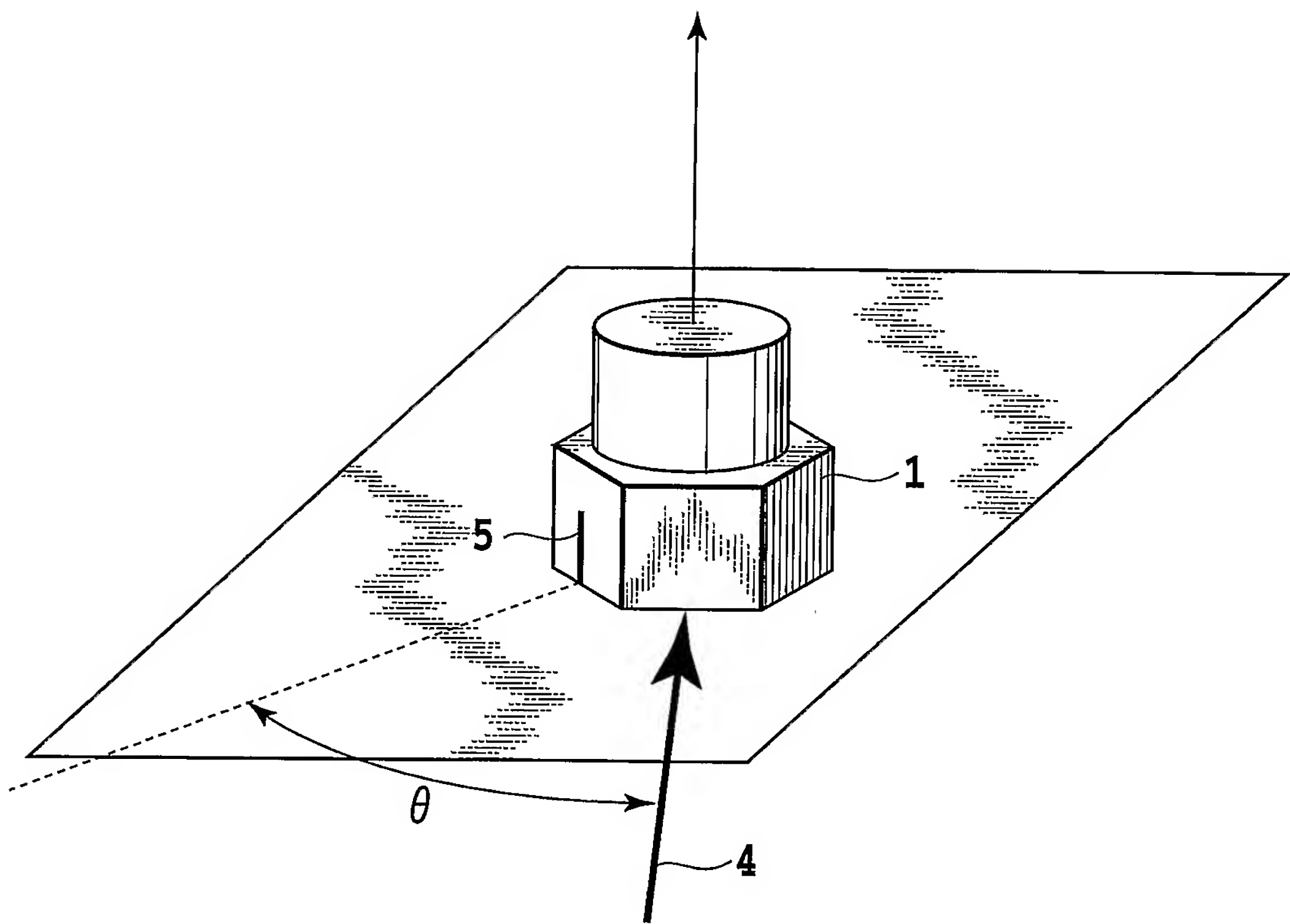


FIG.2

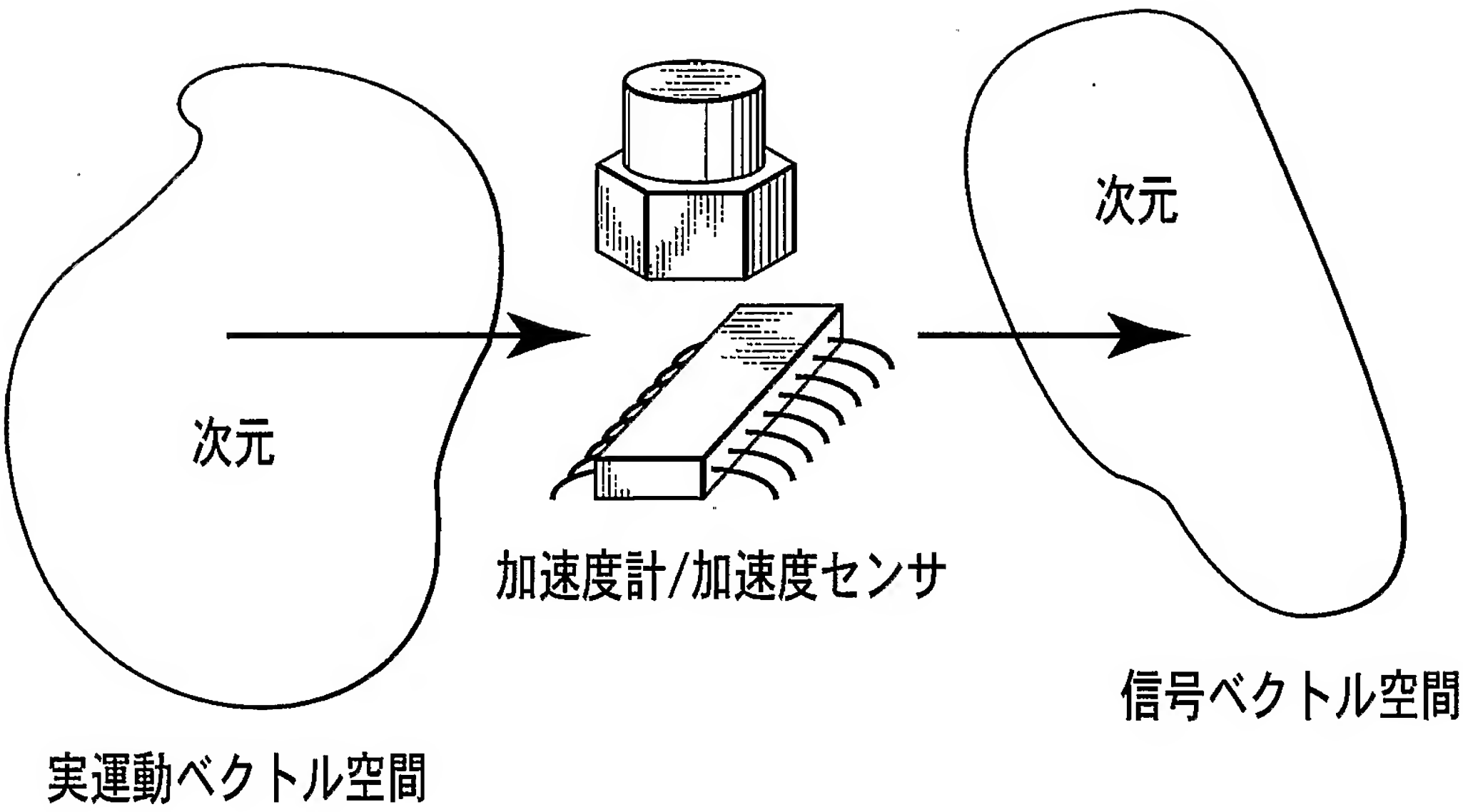


FIG.3

4/22

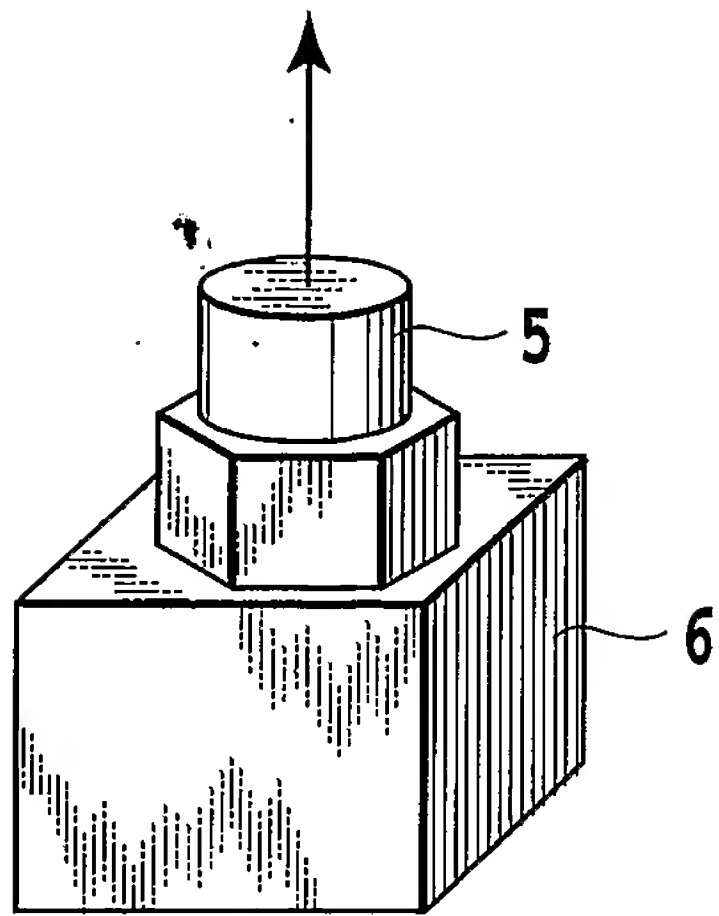


FIG. 4A

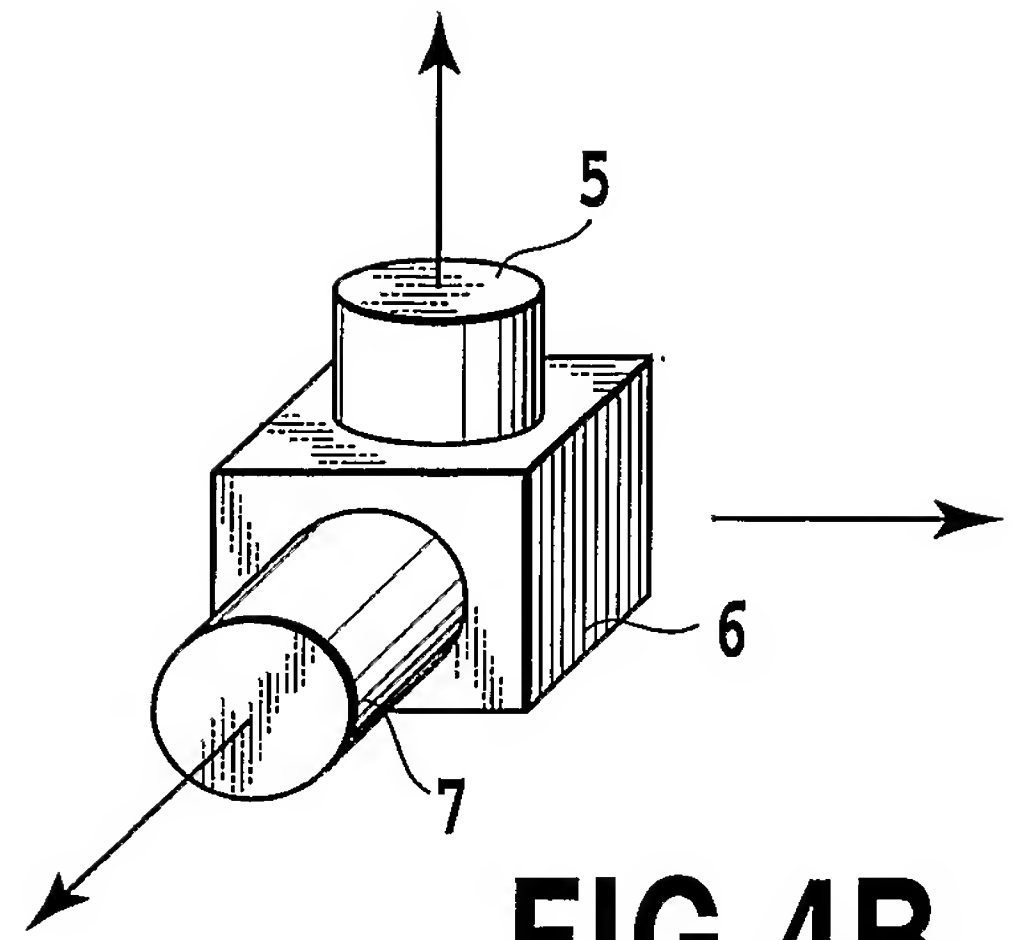


FIG. 4B

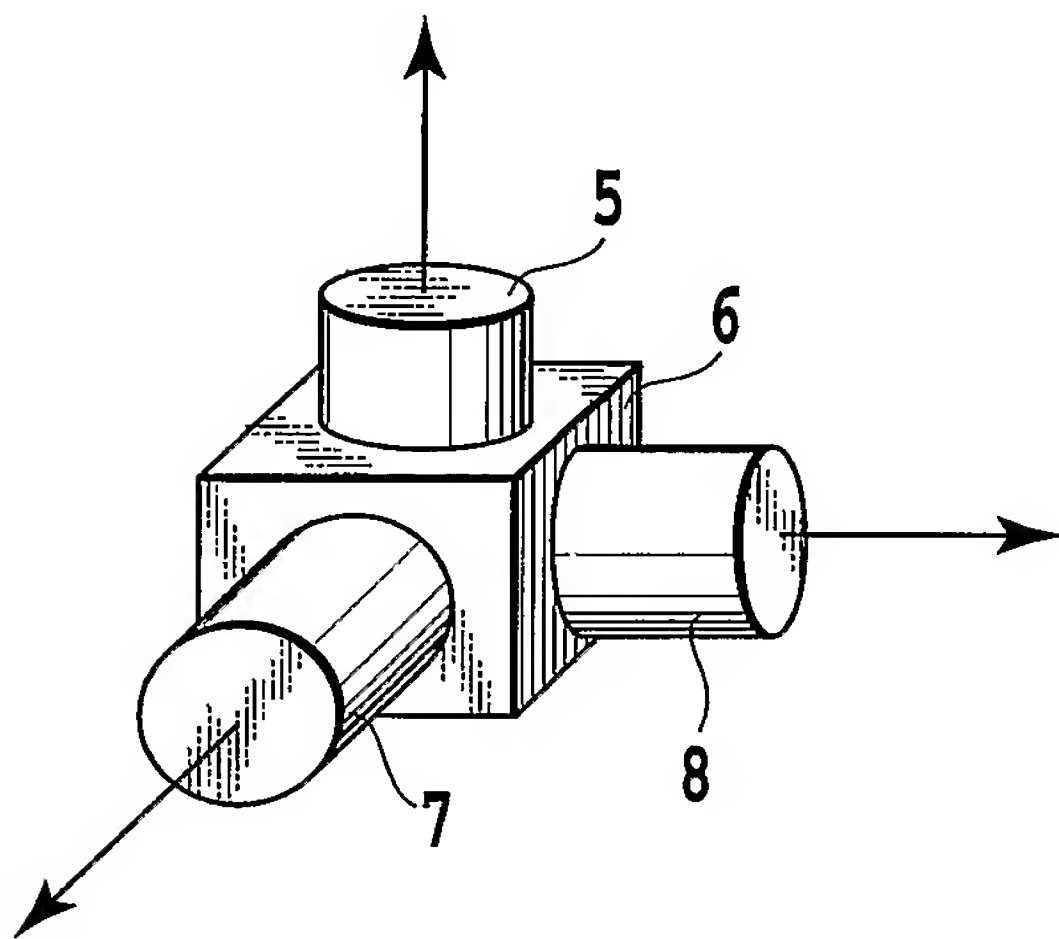


FIG. 4C

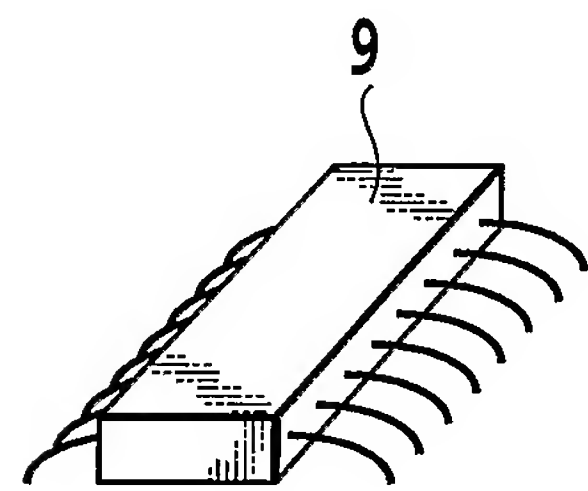


FIG. 4D

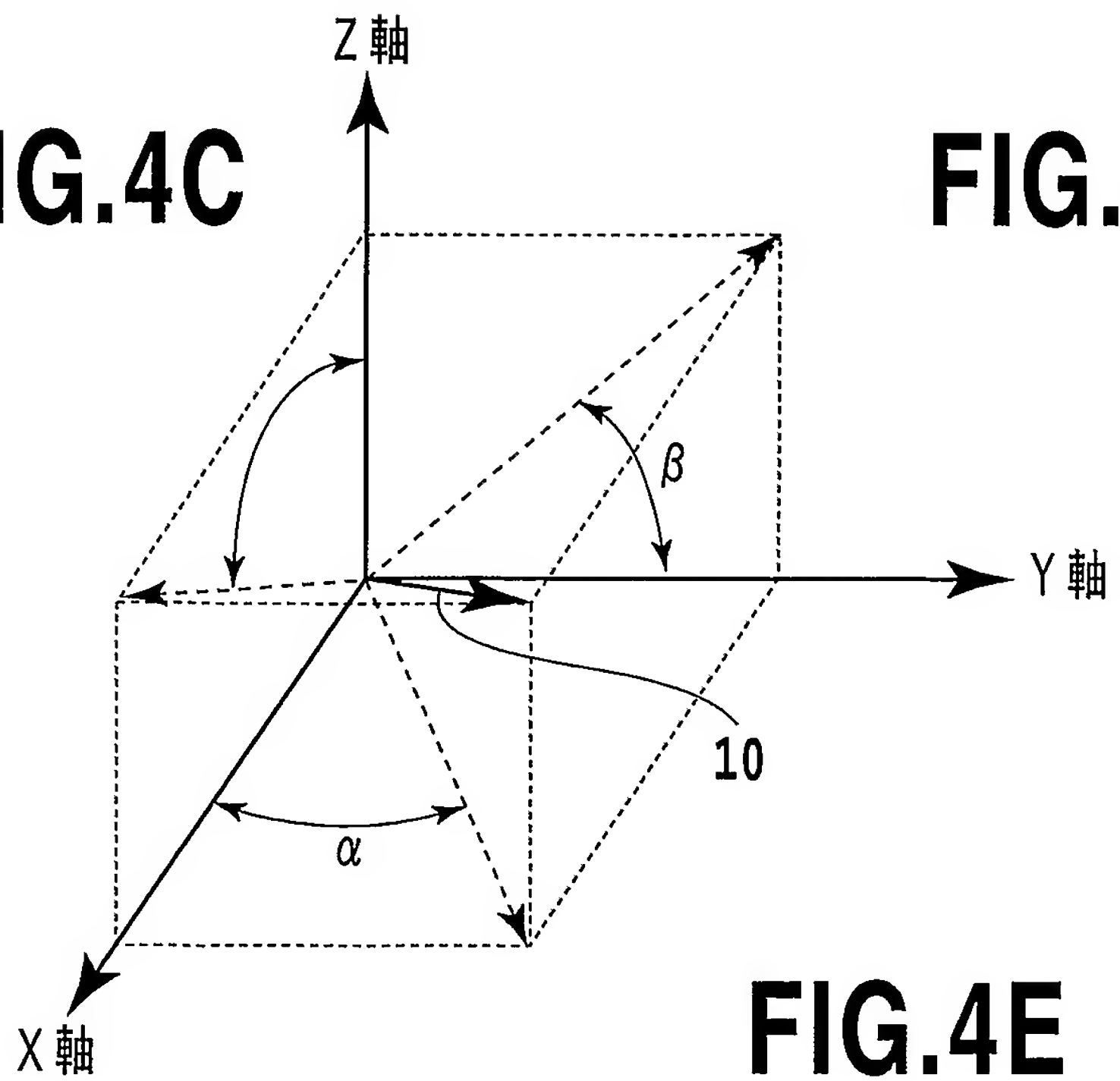


FIG. 4E

5/22

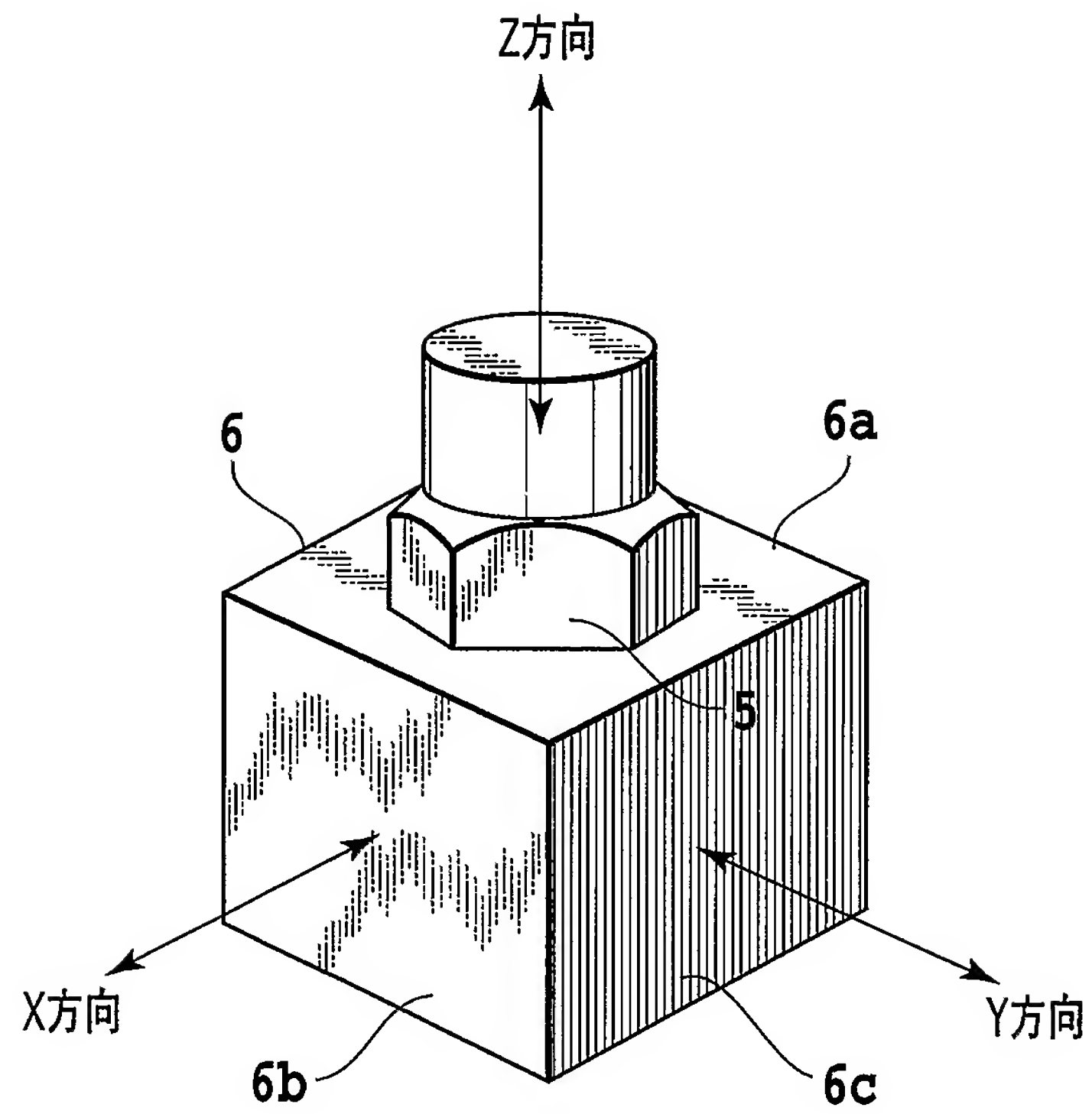


FIG.5

6/22

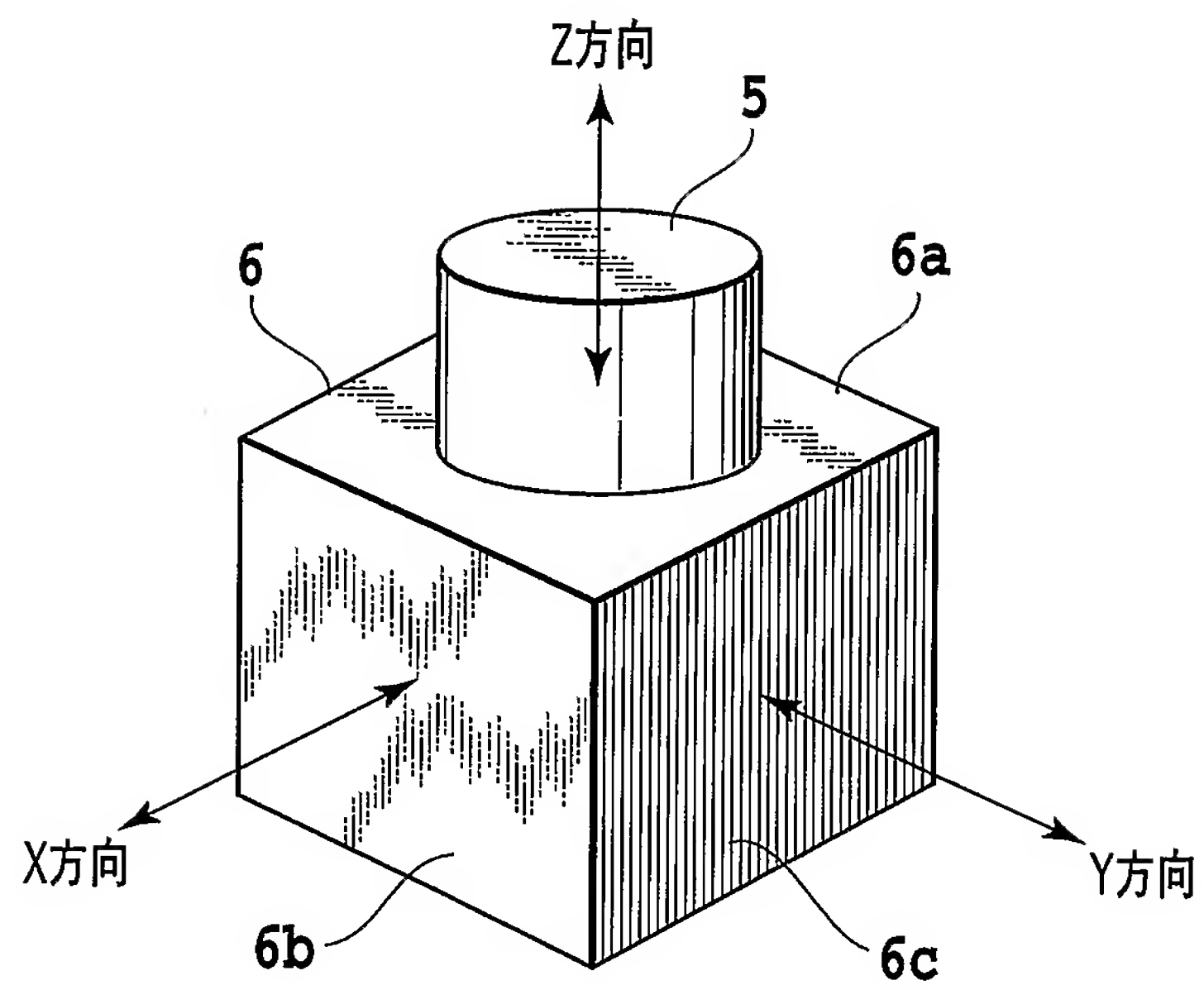


FIG.6

7/22

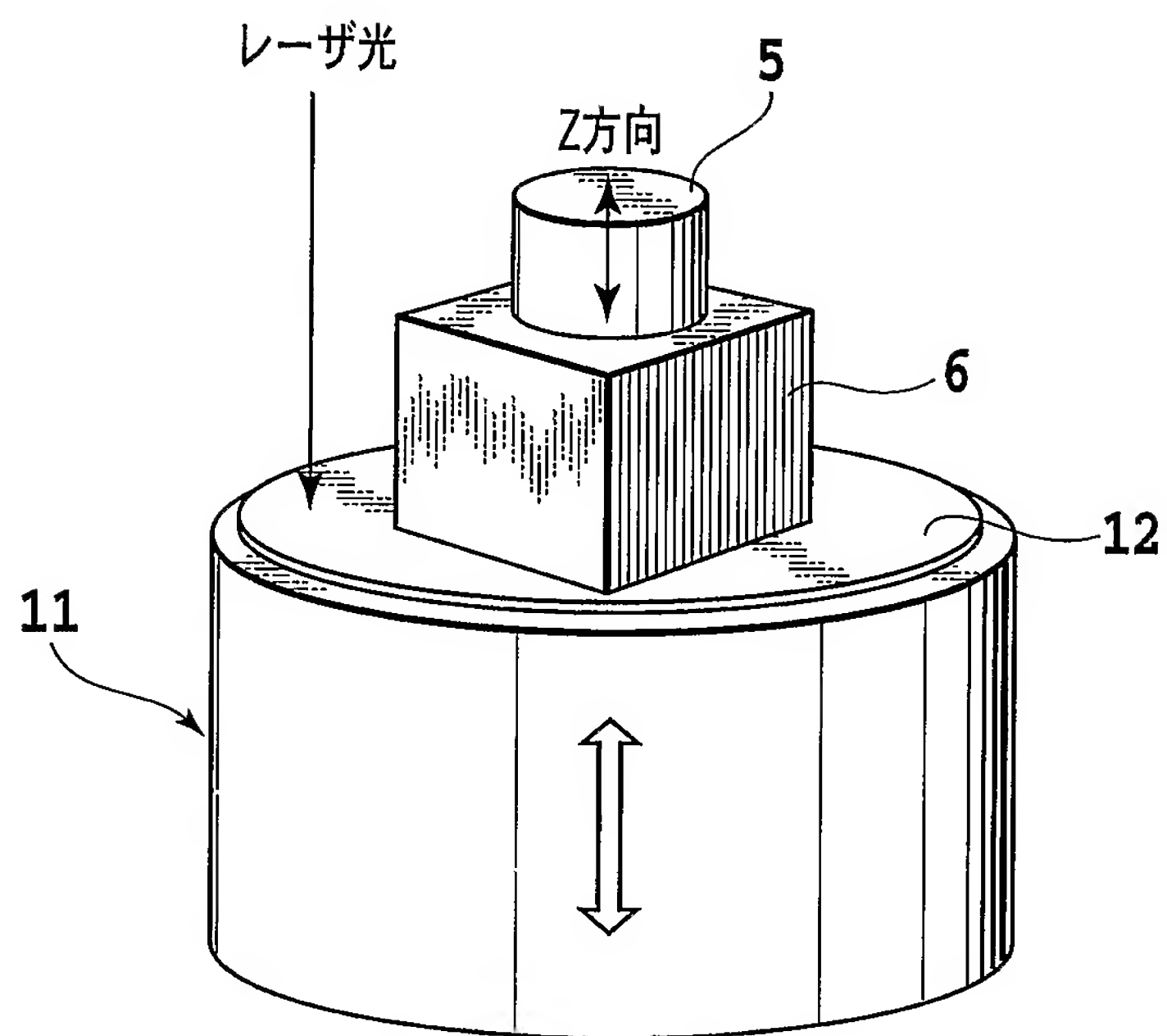


FIG.7

8/22

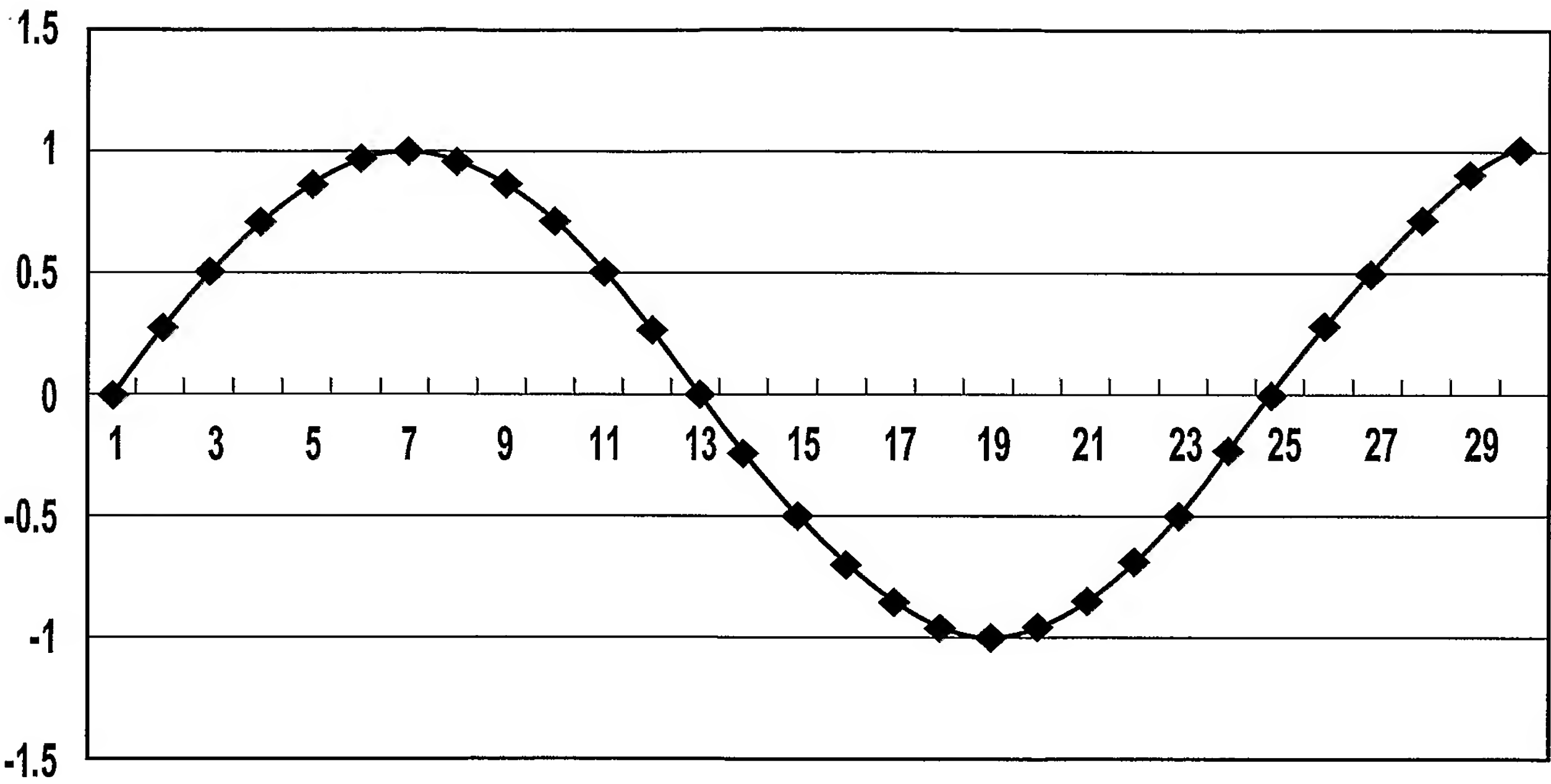


FIG.8

9/22

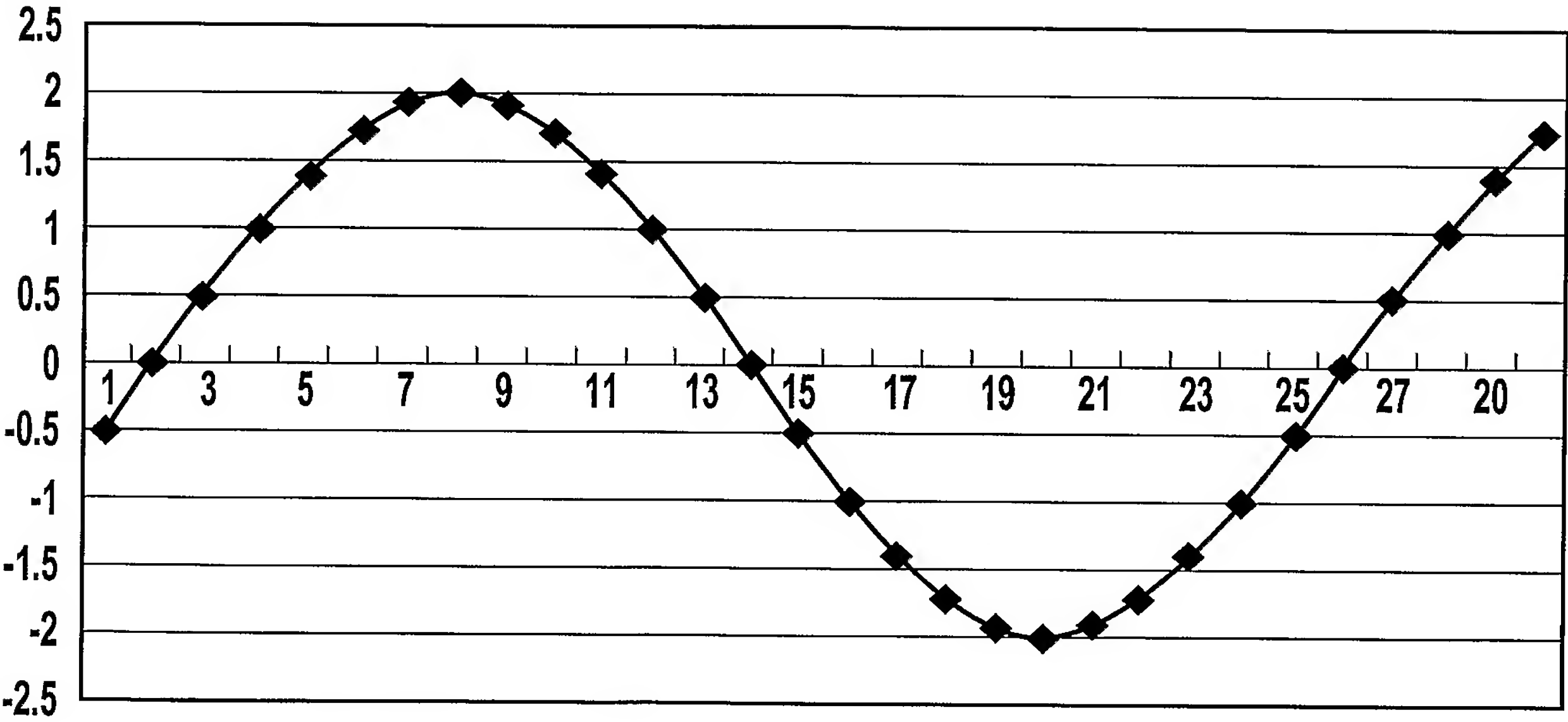


FIG.9

10/22

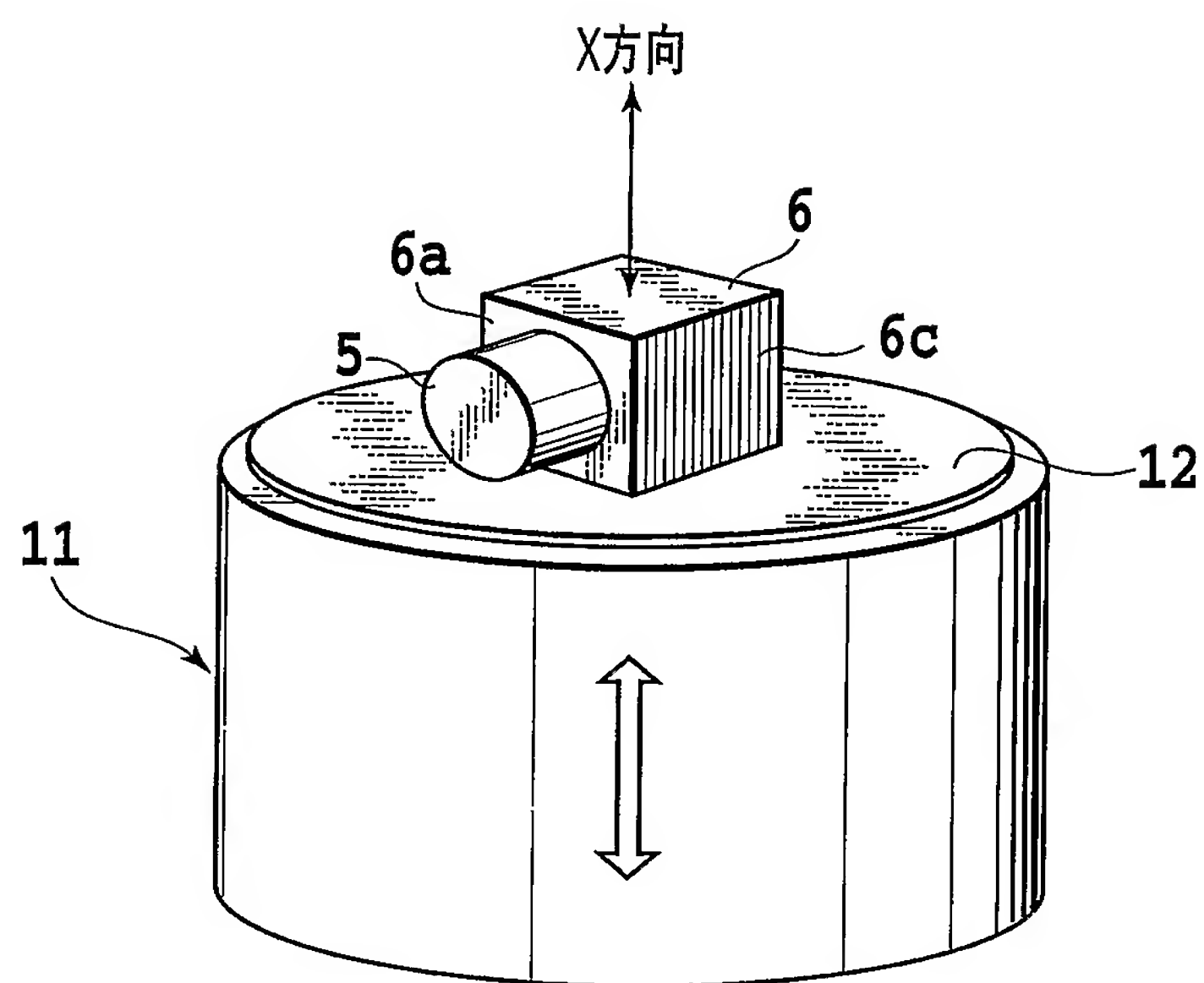


FIG.10

11/22

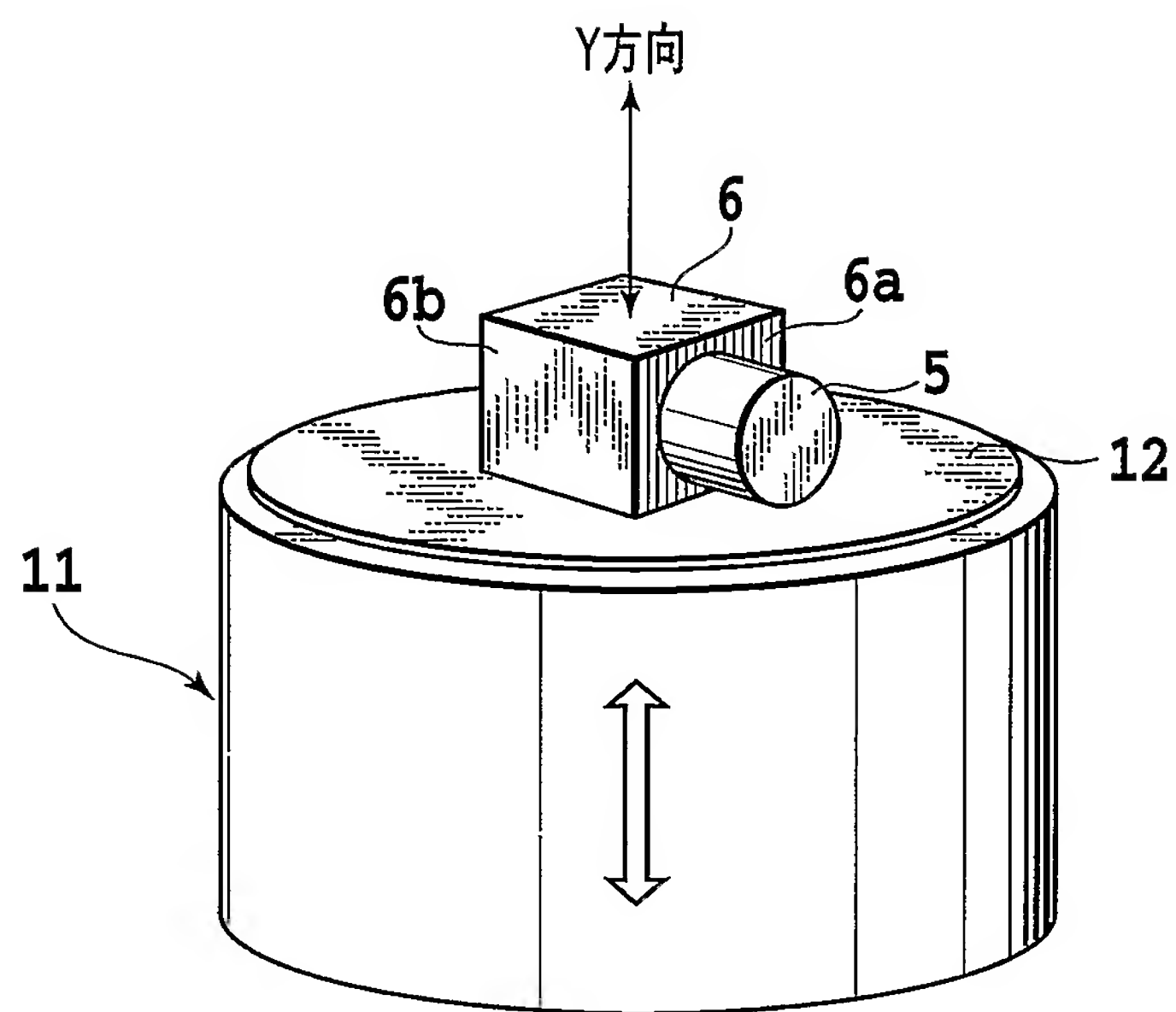


FIG.11

12/22

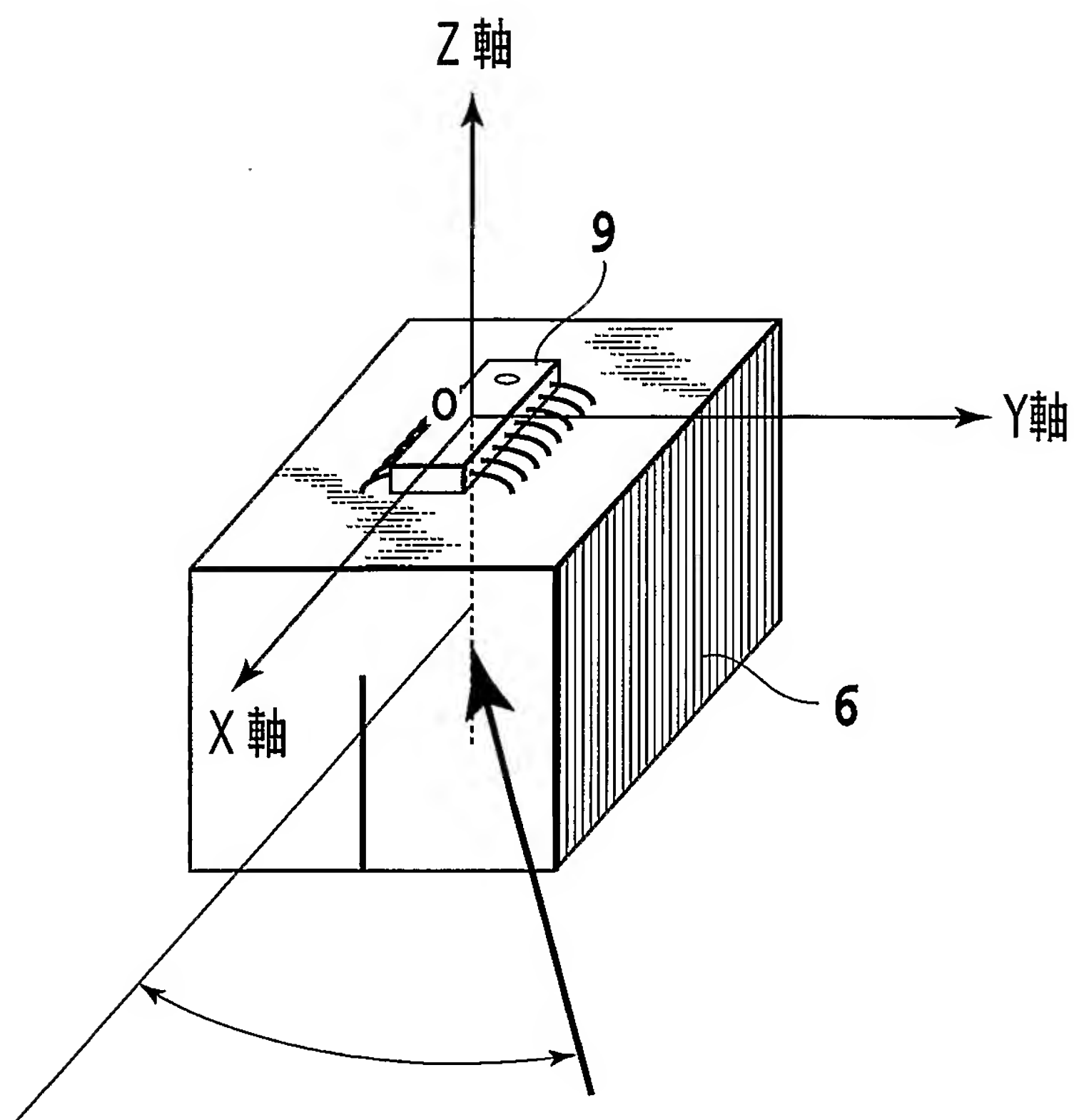


FIG.12

13/22

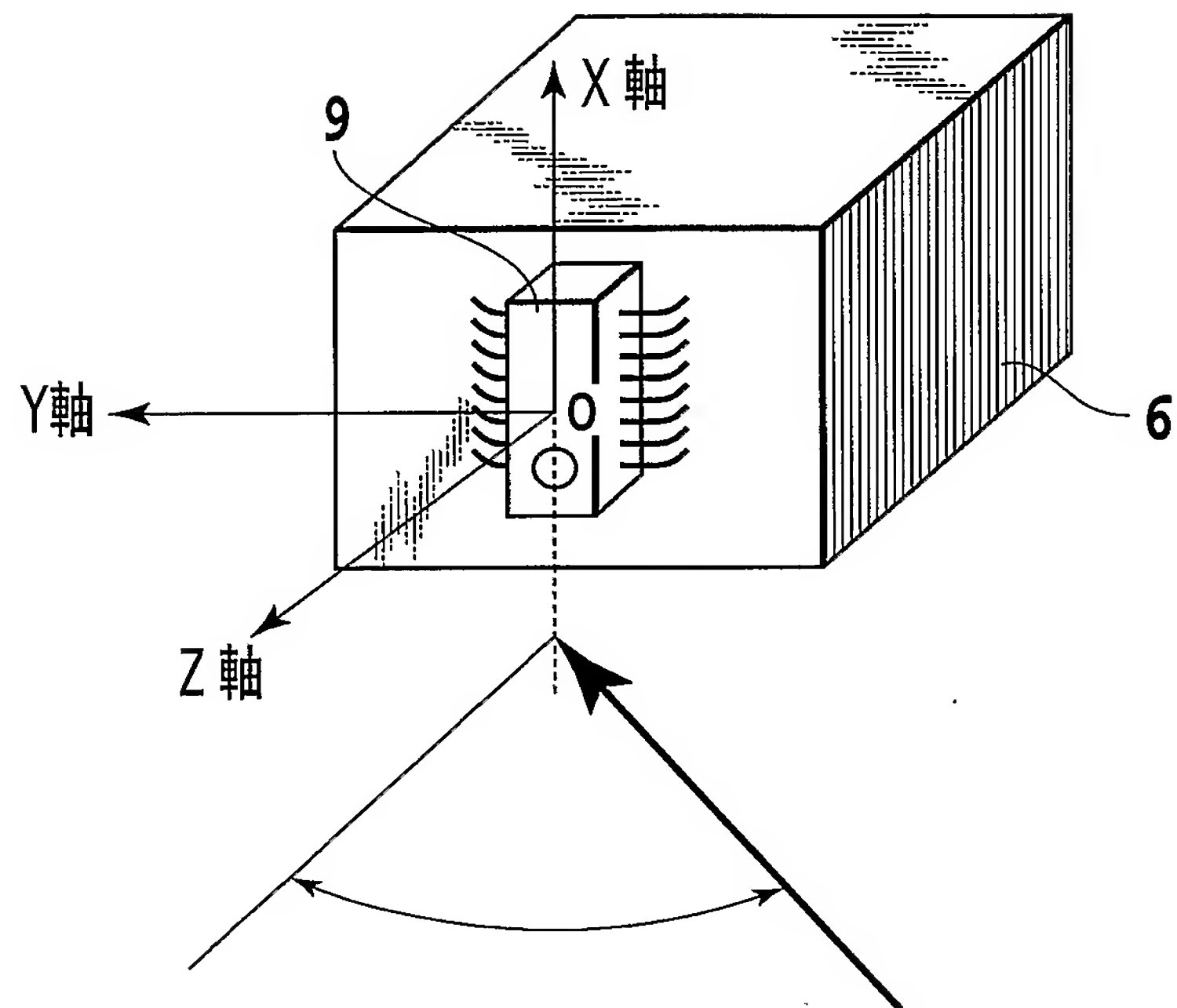


FIG.13

14/22

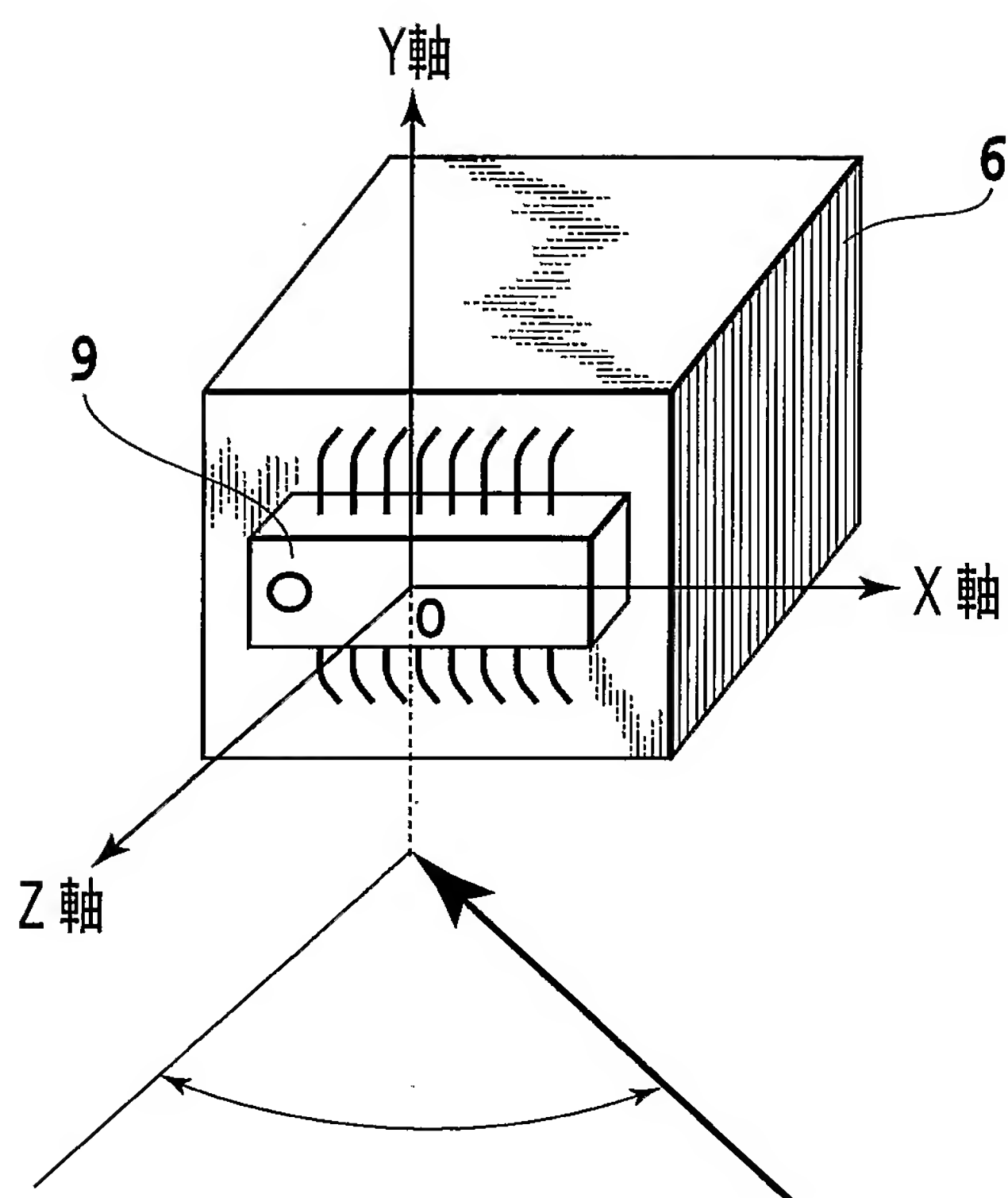


FIG.14

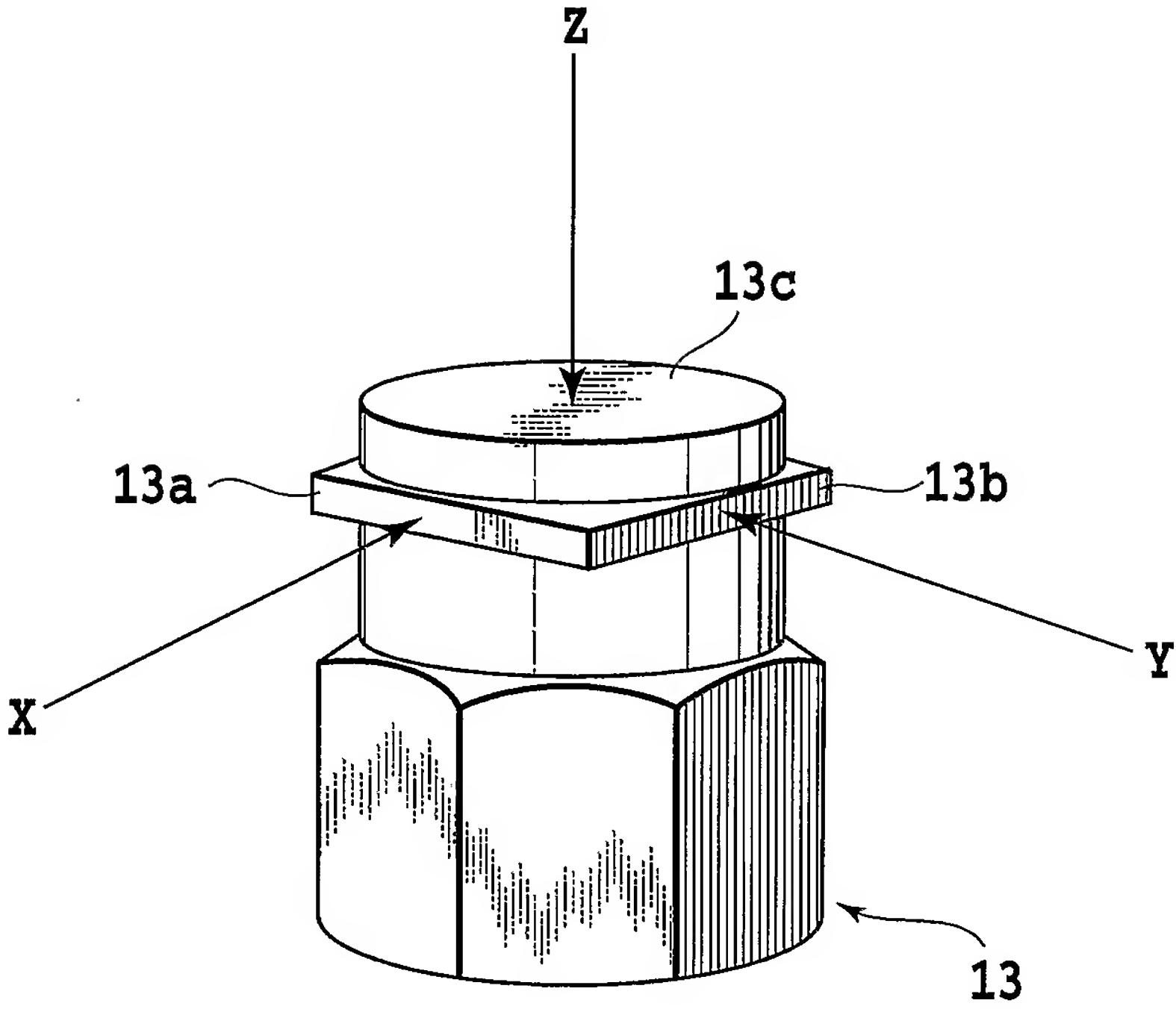


FIG.15

16/22

FIG.16A

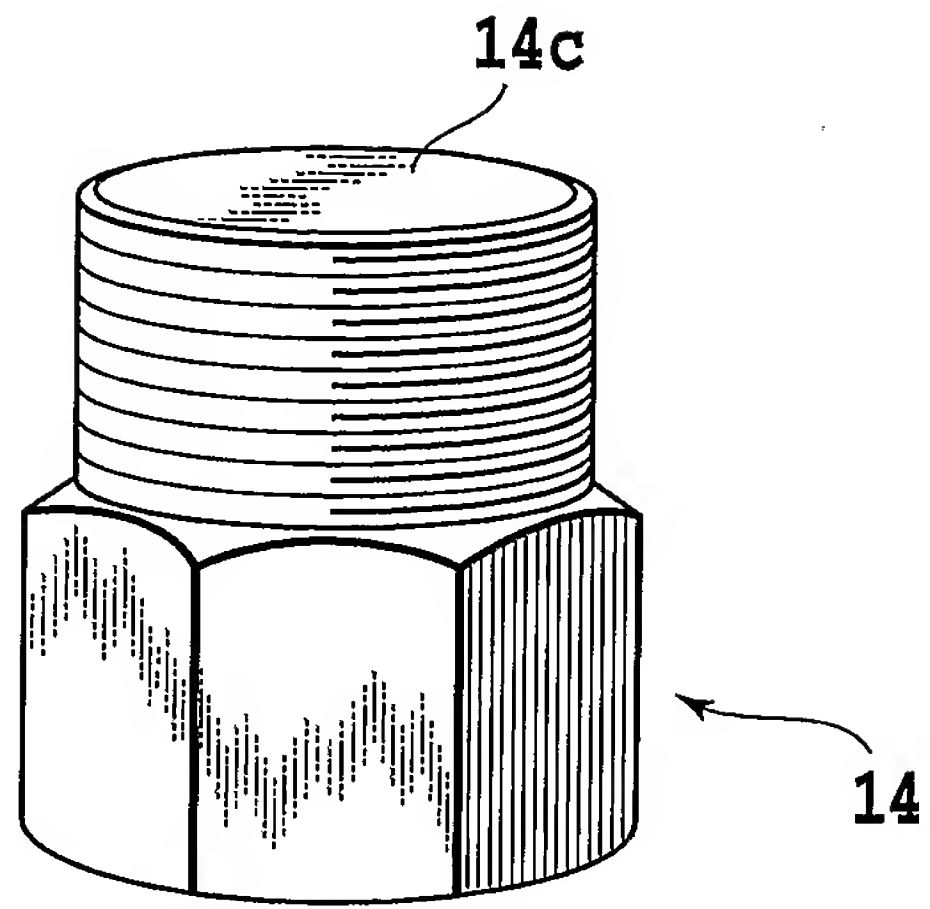


FIG.16B

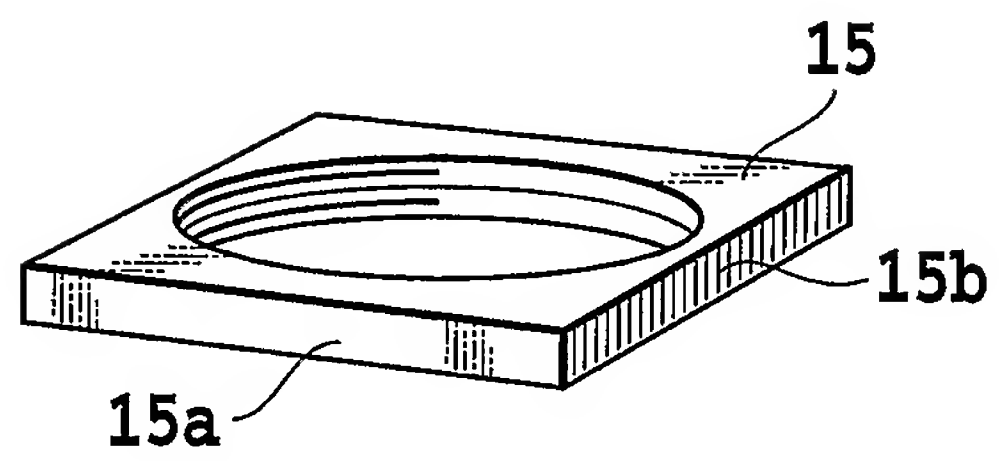
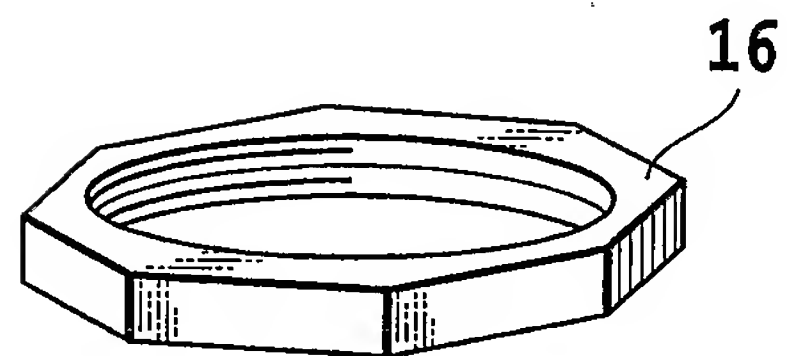


FIG.16C



17/22

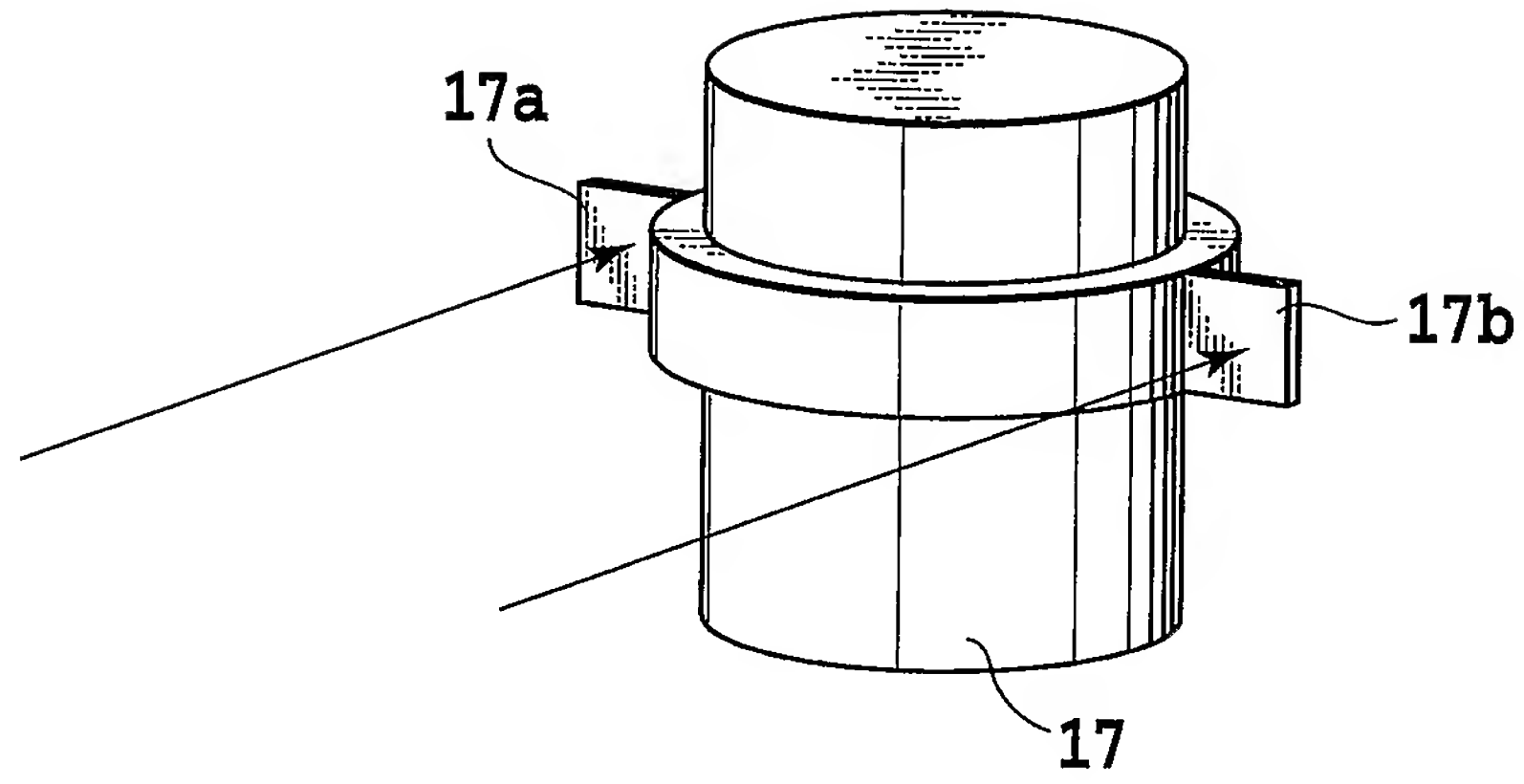


FIG.17

FIG.18A

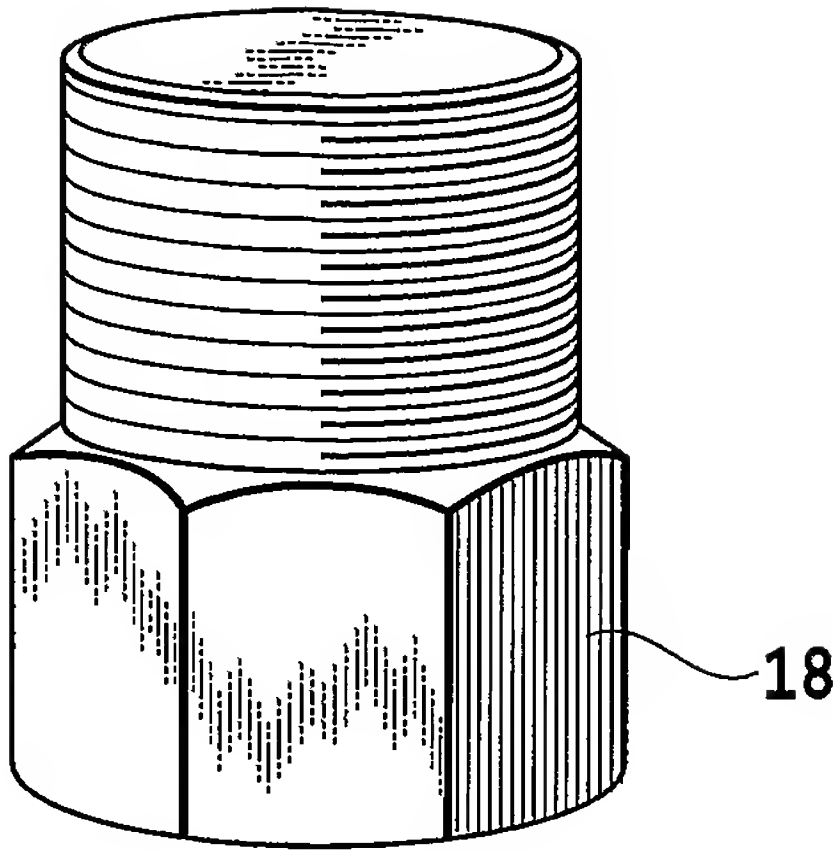


FIG.18B

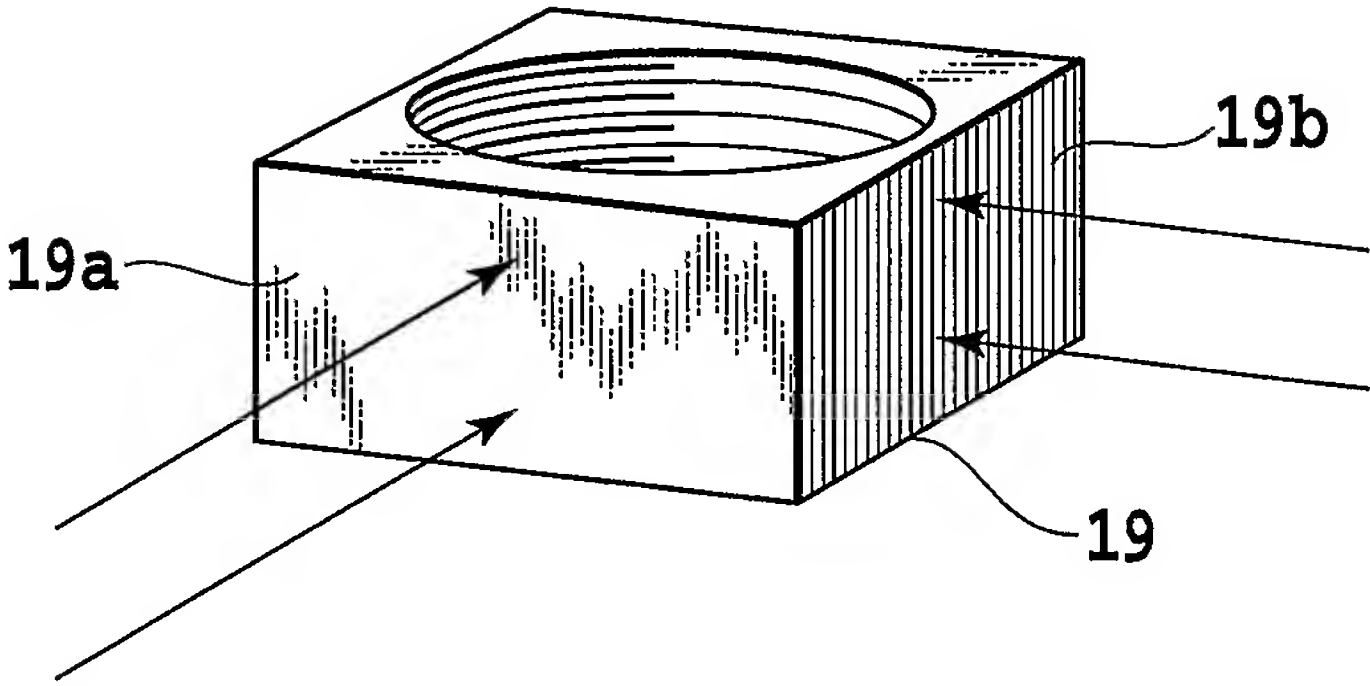
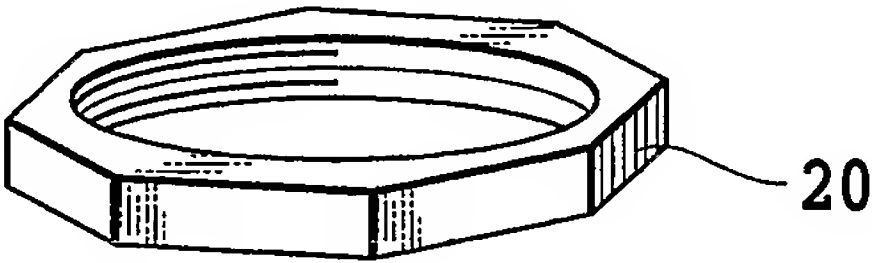


FIG.18C



19/22

FIG.19A

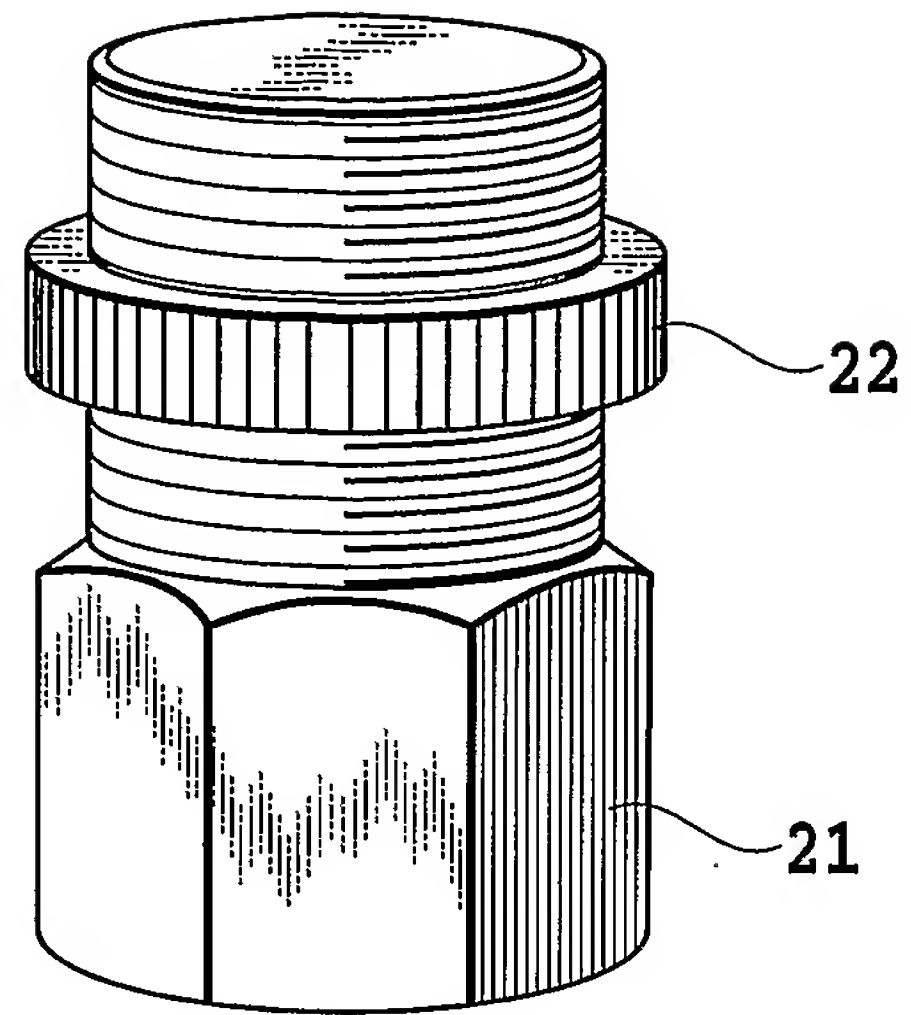
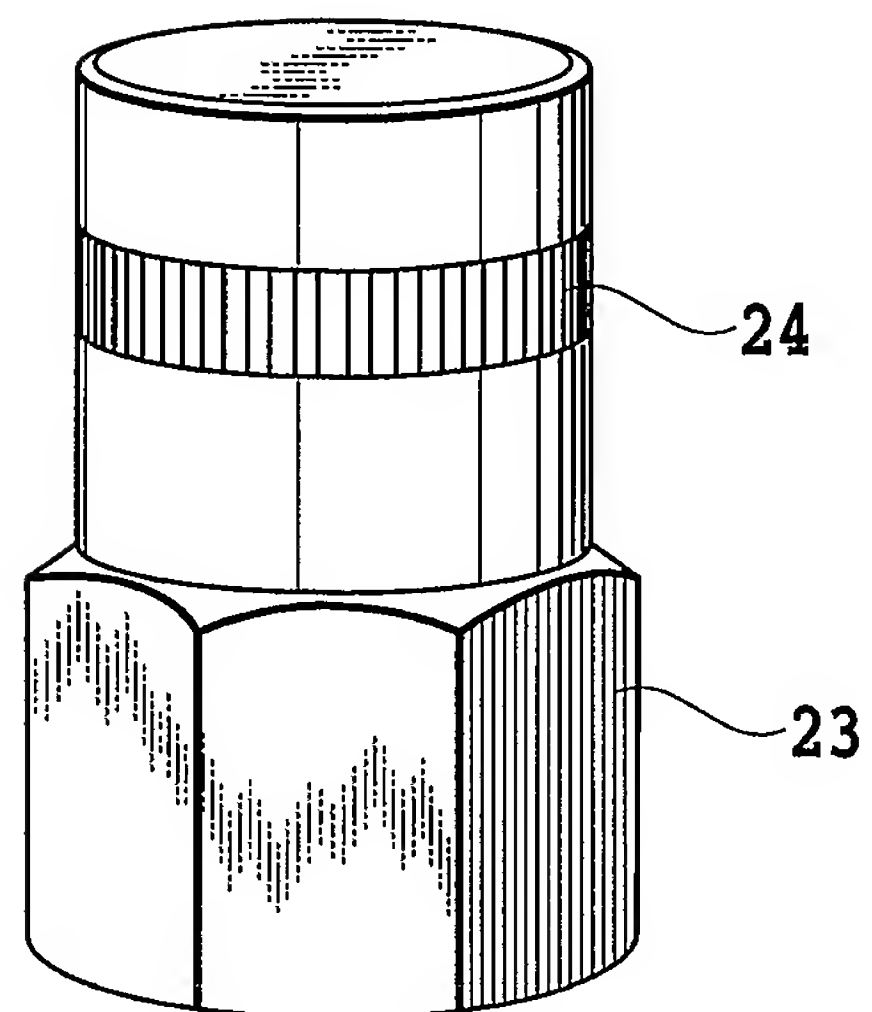


FIG.19B



20/22

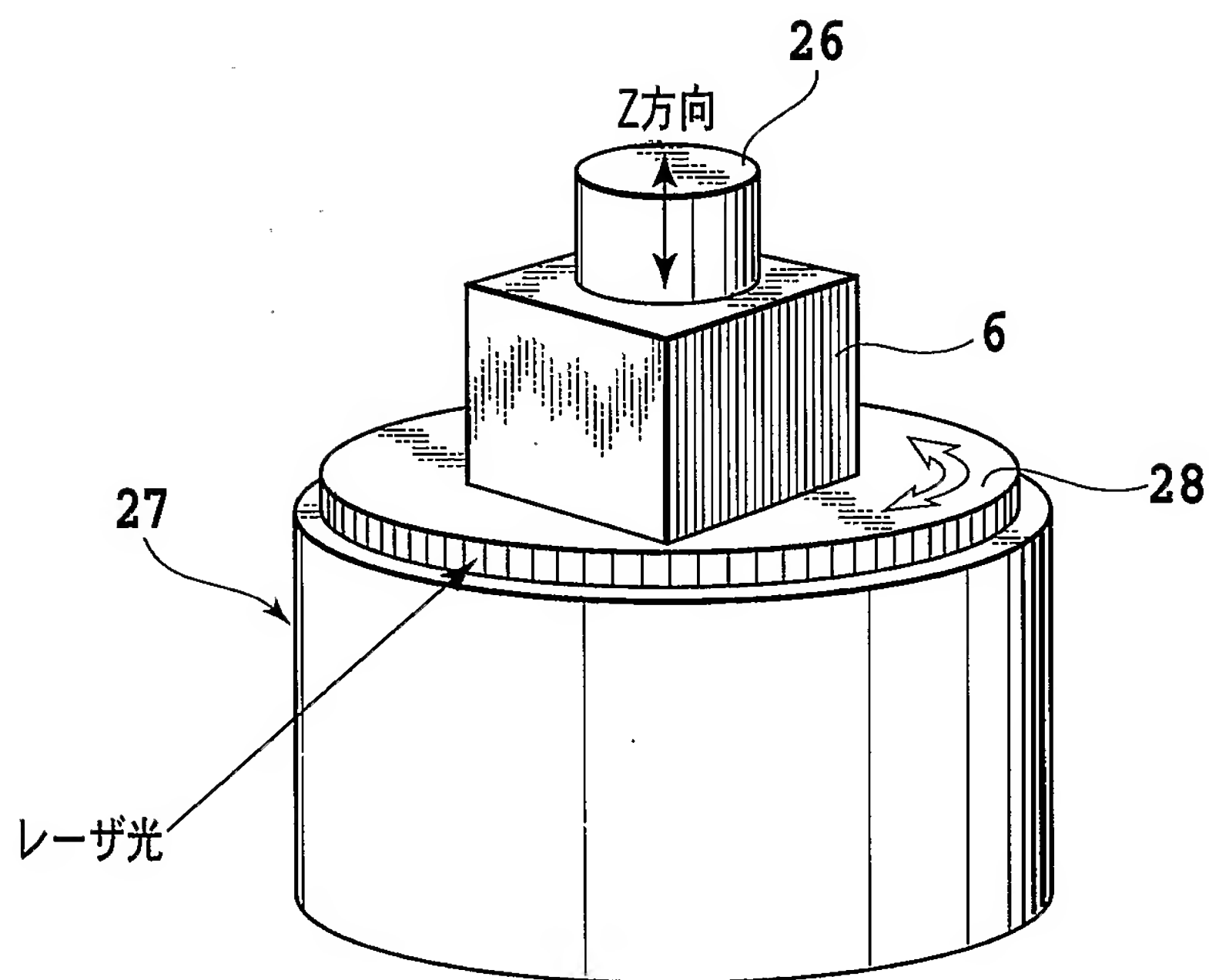


FIG.20

21/22

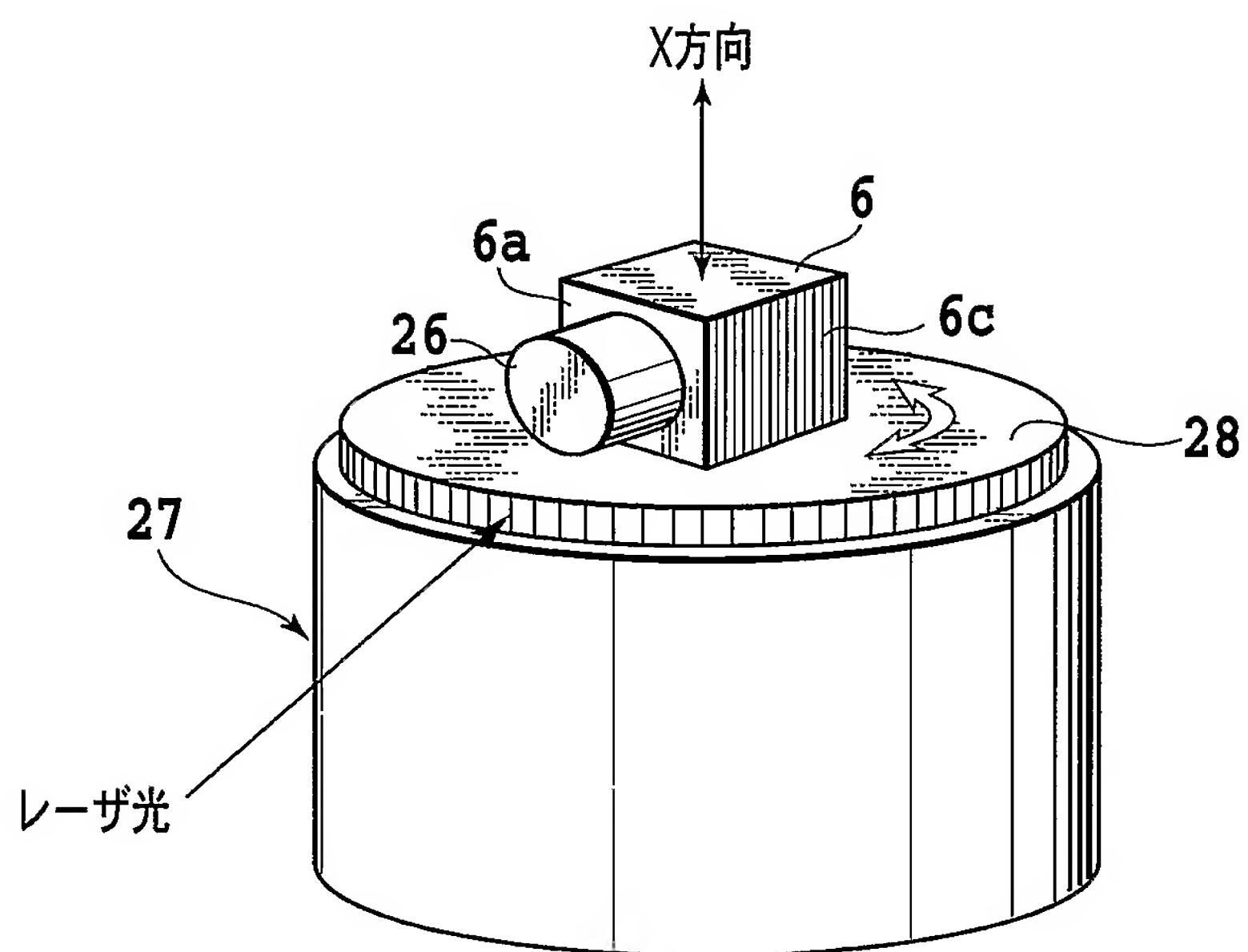


FIG. 21

22/22

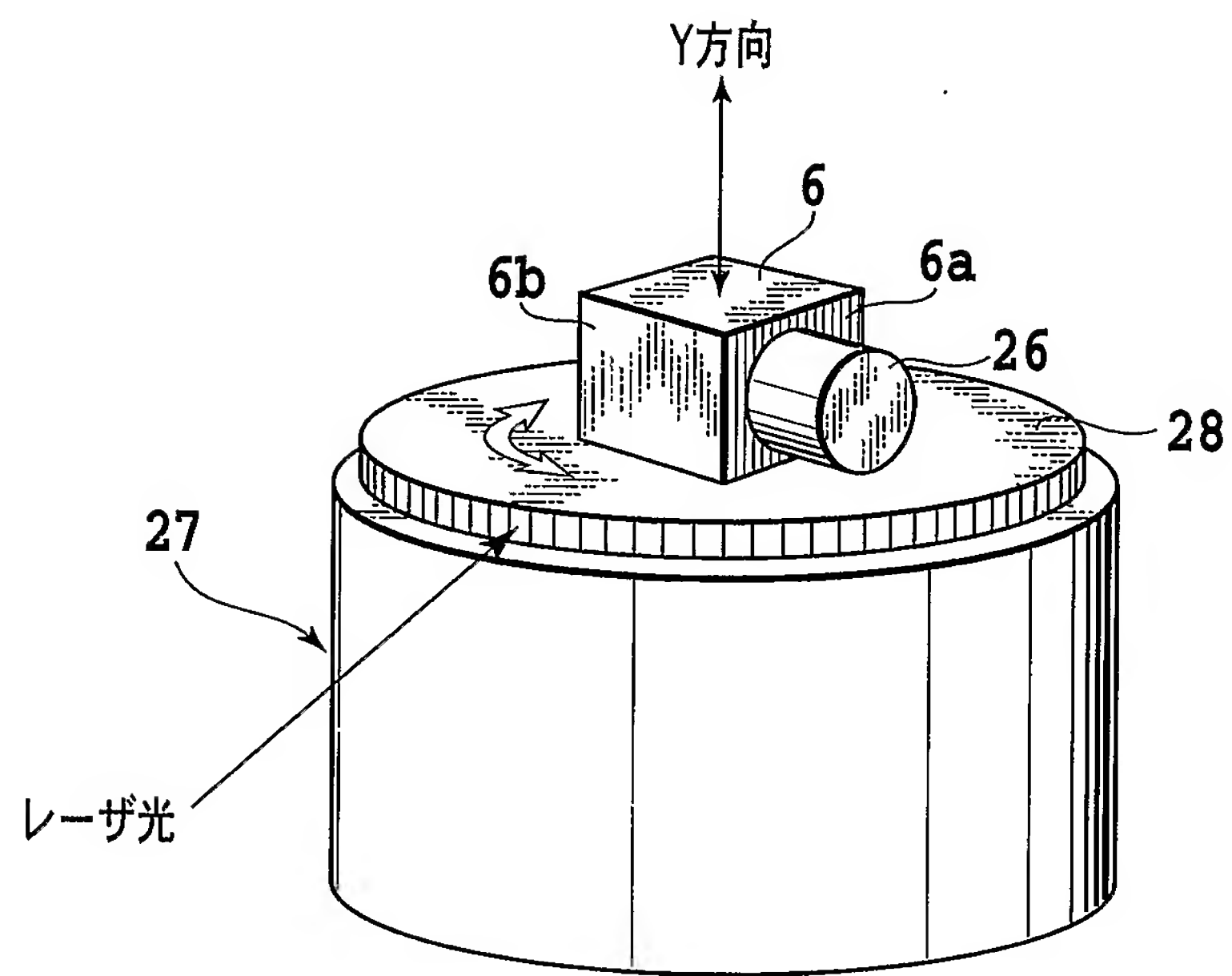


FIG.22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ G01P21/00, G01P15/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ G01P21/00, G01P15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Akira UMEDA et al., "Laser Kanshokei to Sanjigen Shindodai ni yoru Sanjiku Kasokudo Sensor no Sanjigen Kasokudo Sensor to shiten Kosei Hoho", The Japan Society of Mechanical Engineers, Shindo · Onkyo Shin Gijutsu Symposium Koen Ronbunshu, 2003, pages 67 to 70	1-15
X Y	JP 2000-338128 A (NGK Insulators, Ltd.), 08 December, 2000 (08.12.00), Full text (Family: none)	1-3 4-15
P, X	Akira UMEDA et al., "Kansei Sensor no Kosei o Saiko suru (Kasokudo wa Vector de aru)", The Transactions E of the Institute of Electrical Engineers of Japan, Vol.125, No.3, 2005, pages 108 to 117	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 July, 2005 (04.07.05)

Date of mailing of the international search report
19 July, 2005 (19.07.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/006840

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The special technical feature of the inventions of claims 1, 2, 4, 5, 8-11, 14, and 15 is that the coordinate axes of a coordinate system of a space defining, on a single-axis vibration table producing a translational motion, input acceleration to a sensor is made to coincide with the direction of vibration. The special technical feature of the inventions of claims 6-11, 14, and 15 is that the coordinate axes of a coordinate system of a space defining, on a single-axis vibration table producing a rotational vibration motion, input acceleration to a sensor is made to coincide with the direction of a rotation axis.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006840

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The special technical feature of the inventions of claims 3, 12, and 13 each are the construction of a sensor.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01P21/00, G01P15/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01P21/00, G01P15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	梅田章 他, レーザ干渉計と三次元振動台による三軸加速度センサの三次元加速度センサとしての校正方法, 日本機械学会 振動・音響新技術シンポジウム講演論文集, 2003, p. 67-70	1-15
X Y	J P 2000-338128 A (日本碍子株式会社) 2000.12.08, 全文 (ファミリーなし)	1-3 4-15

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04.07.2005

国際調査報告の発送日

19.7.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

越川 康弘

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F

9605

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X	梅田章 他, 慣性センサの校正を再考する (加速度はベクトルである), 電気学会論文誌E Vol.125 No.3, 2005, p.108-117	1-15

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲_____は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲_____は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲_____は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1, 2, 4, 5, 8-11, 14, 15に係る発明は、並進運動を発生する一軸振動台上で、センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、振動の方向と一致させる点に特別な技術的特徴を有するものである。

請求の範囲6-11, 14, 15に係る発明は、回転振動運動を発生する一軸振動台上で、センサへの入力加速度を定義する空間の座標系の座標軸を、回転軸の方向と一致させる点に特別な技術的特徴を有するものである。

請求の範囲3, 12, 13に係る発明は、それぞれ、センサの構成に特別な技術的特徴を有するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。